Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

April
4 / 2006
€ 6,50 / sFr 12,50

TOTALE FINSTERNISSE

Was Forscher aus ihnen lernen

EUROPAS LOGENPLATZ

Die besten Bilder der Mars-Express-Mission

BLICK DURCH DEN DUNST

Deep-Sky-Objekte am Stadthimmel

EDLE LINSEN

Refraktoren: die Teleskop-Klassiker

APOLLO – DIE ZWEITE

Die neuen Weltraum-pläne der Nasa

60463

04
4 196046 306506

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

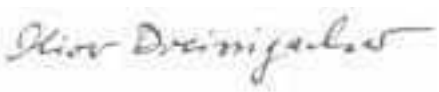
Raumfahrt – quo vadis?

Liebe Leserinnen und Leser, in die Frühphase unserer Arbeit an der Ihnen vorliegenden Ausgabe fielen der zwanzigste Jahrestag des Challenger-Unglücks und der dritte des Columbia-Absturzes. Prompt hagelt es wieder Kritik an der Nasa und an diesem Raumtransportsystem generell. Sie gipfelt in der Überschrift einer englischen Tageszeitung, die dem Exastronauten und dreifachen Orbiterbesatzungsmitglied Mike Mullane folgende Worte in den Mund legt: »Der Spaceshuttle ist eine Todesfalle.« Tolle Überschrift. Sehr Bild-haft. Aber Mullane hat das nie gesagt. Wie er in seinem kürzlich erschienenen Buch beschreibt, würde er jederzeit wieder seinen Platz auf dem Flugdeck einnehmen.

Allerdings, so Mullane in verschiedenen Stellungnahmen, stimme er dem zu, was Nasa-Chef Michael Griffin vor dem Ausschuss des US-Kongresses sagte: Die Sicherheit der Crew leide darunter, dass die Shuttles über kein Rettungssystem – wie ein absprengbares Cockpit – verfügen. Dies sei eine Schwachstelle im Gesamtkonzept. Das wird aber mit der Außerdienststellung der verbleibenden Orbiter zu Beginn des nächsten Jahrzehnts der Vergangenheit angehören.

Wie es danach weitergeht? Mit »Nach Apollo kommt … Apollo?« lesen Sie Eugen Reichls Vorschau auf das kommende Raumfahrzeug und den nächsten Mondflug, erstellt auf der Grundlage der momentanen Planung der Nasa.

Herzlichst,
Ihr



NASA, KSC

Der Spaceshuttle ist eine Todesfalle. So zitiert »The Guardian« den Exastronauten Mullane (unten).

Gerade gestartet: Zum ersten Mal ist ein ASTRONOMIE HEUTE-Artikel, »Sonnenfinsternisse«, siehe S. 32, für das Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« (WiS) verfügbar. Unter der Adresse www.wissenschaft-schulen.de finden Sie in Zukunft kostenloses didaktisches Material zu ausgewählten Themen für den Unterricht der Mittelstufe. Halten Sie einfach in jedem Heft nach dem WiS-Logo (rechts unten) Ausschau! <<

wissenschaft in die schulen!

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Sonnenfinsternis auf dem Mars, Rätselhafte Radiosignale, Sturm auf Saturn, Natur der Trojaner u. a.

▶ **Nach Apollo kommt …** 12
Apollo! Experte Eugen Reichl analysiert die Nasa-Pläne für den nächsten bemannten Flug zum Mond

Ferne Welten enthüllen 18
Unser Wissen um Exoplaneten vervollständigt sich

▶ **Europas Logenplatz am Mars** 26
Durch die Stereokamera an Bord von Mars Express sehen wir unseren Nachbarn mit neuen Augen

▶ **Sonnenfinsternisse** 32
Totalbedeckungen der Sonne sind für die Forschung nach wie vor wichtig

BEOBACHTUNG

Sterntafel 42
Der mitternächtliche Himmel in der Übersicht

Planetarium 44
Der Löwe, der Große Wagen und die Planeten im Monat April

▶ **Highlight** 46
101-mal Deep Sky: Wir nennen Ihnen die schönsten Ziele, die Sie trotz Lichtverschmutzung sehen können

Nahaufnahme 52
Im Großen Bären sehen nicht alle Menschen das Gleiche

Feldstechertipp 55
Im Reich der Galaxien – der Virgo-Haufen hoch am Himmel

SZENE

Unterwegs 56
Ein Besuch auf der Sternwarte von Nizza an der Côte d'Azur

Sternwarten 60
Das Carl-Bosch-Teleskop war einst sündhaft teuer. Heute steht es, frisch restauriert, in Tübingen

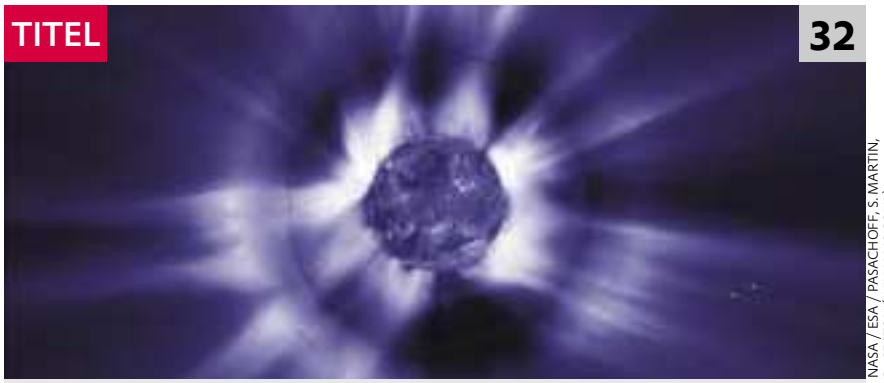
Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Extreme Orte 18

Viele der bislang bekannten Exoplaneten sind heiße Gasriesen mit höllischen Oberflächentemperaturen. Als eine Art Gegenpol dazu haben Forscher kürzlich eine frostklirrende Eis- oder Gesteinswelt entdeckt

ESO

TITEL 32



NASA / ESA / PASACHOFF, S. MARTIN, D. SEATON (WILLIAMS COLL.)

Die totale Verfinsterung unseres Zentralsterns eröffnet den Blick auf seine Korona. Ein wertvoller Moment für die Astronomen

Auf zum Mond!

12

NASA / JOHN FRASSANITO AND ASSOCIATES

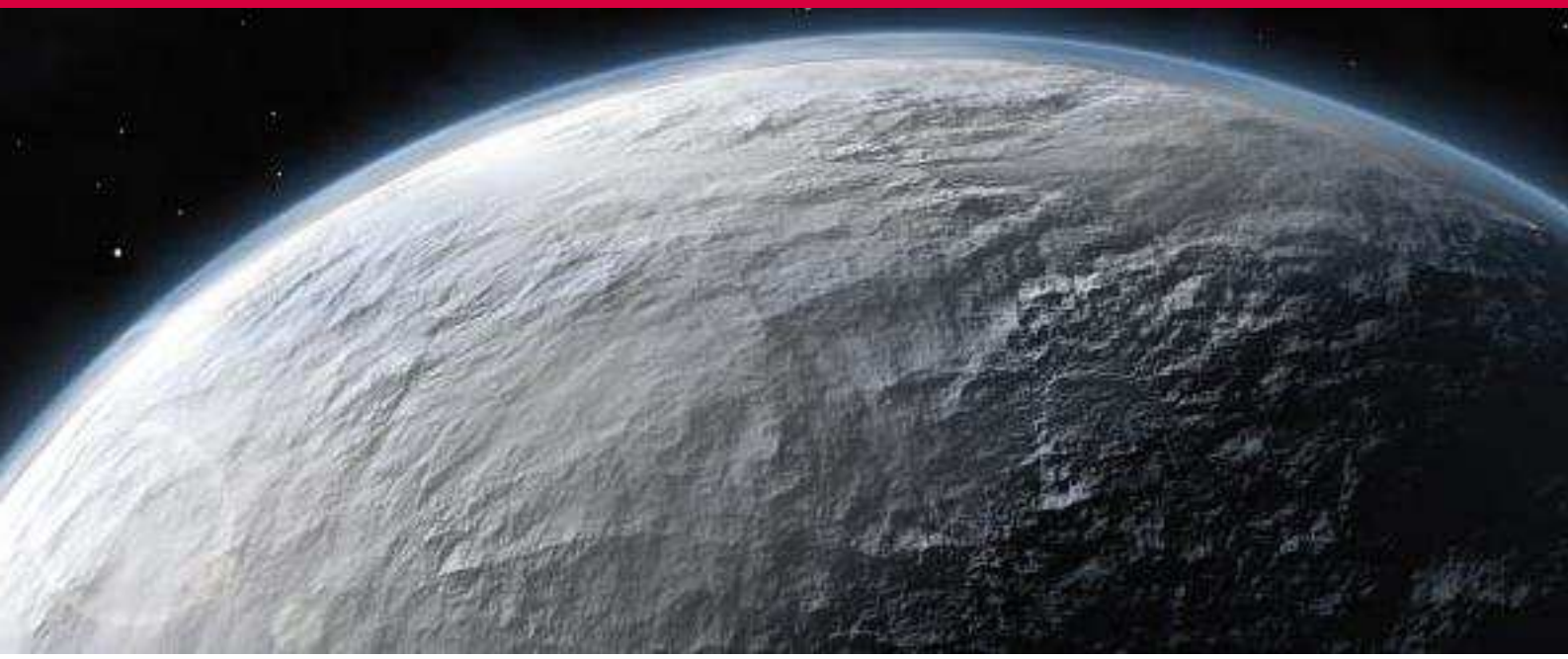
Spaceshuttle ade – Kernstücke des US-Raumfahrtprogramms sind keine Orbiter mehr, sondern Kapseln und Landefähren, die sehr stark an das Apollo-Programm der 1960er Jahre erinnern

Mars Express

26

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHART NEUKUM

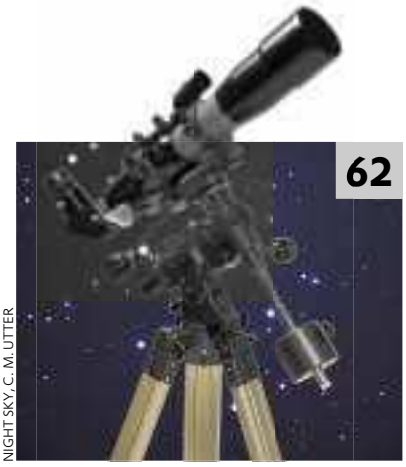
Die hochauflösende Stereokamera ist der Star an Bord der europäischen Raumsonde. Ihre gestochen scharfen Bilder stellen alles Bisherige in den Schatten



STEPHAN FICHTNER

56 Über den Dächern von Nizza

Für kurze Zeit war die Sternwarte an der Côte d'Azur eine der bedeutendsten der Welt



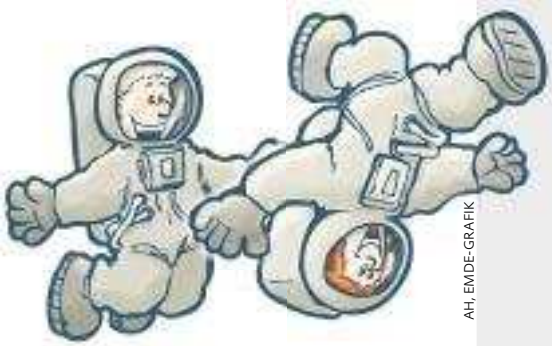
NIGHT SKY, C. M. UTTER

62 Refraktoren – die Klassiker unter den Teleskopen

Linsenteleskope haben von Galileis Zeiten bis heute eine stürmische Entwicklung hinter sich

74 Die Reise zum Mond

Diesmal erklären Lunic und Sonja, wie lang man zum Mond fliegt und warum das Frühstück dort so leicht ist



AH, EMDE-GRAFIK

TIPPS

Teleskopmarkt 62
Das Prinzip von Linsenteleskopen ist stets gleich. Sie gelten als die Klassiker des Fernrohrbaus

Glanzlichter 70
Die Wintersternbilder im Sucher unserer Leser

Hochglanz 73
So beheben Sie Abbildungsfehler in der klassischen Astrofotografie

Lunic und Sonja 74
Wettlauf zum Mond

Bücher 76
Reiseführer zur Sonnenfinsternis und ein Deep-Sky-Reiseatlas

TV & Events 78

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 80 Kleinanzeigen / Preisrätsel • 82 Vorschau / Impressum

Titelbild: Wenn der Mond die Sonnenscheibe komplett bedeckt, ergibt sich ein beeindruckender Blick auf die Korona unseres Zentralgestirns. Die nächste totale Sonnenfinsternis wird am 29. März zu sehen sein.

J. Pasachoff, W. Carlos

STSCI

Wenn ein Stern zum Roten Riesen wird, verschluckt er alles, was ihm in die Quere kommt.

Planetenschicksal

Liebes ASTRONOMIE HEUTE-Team! Mein Name ist Greta-Henrike Holtgrave, ich bin zehn Jahre alt und gehe in die Klasse 5c des Graf-Adolf-Gymnasiums in Tecklenburg. Ich lese Ihre Zeitschrift und habe eine Frage: Was wird mit der Erde und den anderen Planeten passieren, wenn die Sonne ein Roter Riese wird? Der Weltraum interessiert mich nämlich. Ich möchte später auch Astronomin werden.

Greta-Henrike Holtgrave, Tecklenburg

Antwort von Cecilia Scorza de Appl:
Wenn sich die Sonne in etwa vier Milliarden Jahren zu einem Roten Riesen entwickelt, werden sich ihre äußeren Schichten bis in den Bereich der Marsbahn ausdehnen. Das bedeutet, dass Merkur, Venus, Erde und Mars dann innerhalb der Sonne verglühen. Sehr wahrscheinlich werden auch Jupiter und Saturn einen großen Teil ihrer Gashüllen verlieren. Das wird das Ende der Erde sein! Wir haben aber für einen Umzug noch einige Milliarden Jahre Zeit. Bis dahin müssen wir jedoch unsere Erde vor zu viel Unweltverschmutzung bewahren und hoffen, dass die Astronomen einen bewohnbaren Planeten bei einem anderen nahen Stern finden.

Weiter so!

Als ehemaliger Leser des Star Observer habe ich seit September letzten Jahres ASTRONOMIE HEUTE abonniert und ich muss sagen, ich bin von Eurer Zeitschrift absolut begeistert! Anfangs hatte ich Bedenken, ob mich eine neue Zeitschrift überzeugen könnte. Doch diese Bedenken waren schnell verflogen. ASTRONOMIE HEUTE ist sehr aktuell, leicht lesbar und verständlich, nicht zu trocken und gut bebildert. Sehr schön finde ich auch die Rubrik Feldstechertipps von Lambert Spix. Macht unbedingt weiter so!

Michael Wilkes, Köln

Leider vergessen

»Zwischen Großstadt und Mittelgebirge«, AH 1-2/2006, S. 69

In Ihrem Report über die Astroszene des Rhein-Main-Gebiets wurde kein Sterbenswörtchen über unseren Verein, die Astronomische Arbeitsgemeinschaft Rheingau (AAR), verloren. Er gehört zu den aktiveren Vereinen in der Region. Wir haben knapp über vierzig Mitglieder, besitzen eine gut ausgerüstete Sternwarte im Rheingau-Gebirge mit einem Vierzig-Zentimeter-Newton und einem für Fotografie optimierten Gerät. Wir geben Volkshochschulkurse, sind an Rheingauer Schulen aktiv, beteiligen uns am Astronomie-Tag und sind im Verzeichnis der Astro-Vereine der VdS gelistet. Unsere Vereinsmitglieder können nicht verstehen, dass es Ihnen nicht möglich war, uns zu erwähnen.

Friedhelm Hübner, Eltville

Antwort der Redaktion:
Sehr geehrter Herr Hübner, wir bedauern dieses Versäumnis.
Unter www.aar-ev.de können Interessenten Kontakt zur Astronomischen Arbeitsgemeinschaft Rheingau e.V. aufnehmen.

Sternüberreste

In unterschiedlichen Artikeln werfen manche Autoren Planetarische Nebel und Supernova-Überreste in einen Topf. Das gilt auch für den Krabben- oder Krebsnebel (M 1). Was ist nun richtig? Was genau ist der Unterschied zwischen diesen beiden Typen von Sternresten?

Th. Schneider, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Der Krebsnebel (M 1) gehört zu den Supernova-Überresten. Diese entstehen, wenn massereiche Sterne am Ende ihres Lebens explodieren. Die Sterne werden dabei entweder völlig zerstört oder kollabieren zu einem Neutronenstern (wie bei M 1) oder Schwarzen Loch. Verglichen mit Planetarischen Nebeln sind Supernova-Überreste meist unregelmäßiger geformt und zeigen mehr Filamente.
Planetarische Nebel entstehen, wenn masseärmere Gestirne das Stadium eines Roten Riesen durchlaufen und dabei ihre äußere Hülle verlieren. Dies geschieht durch einen starken Sternwind.
Da er vergleichsweise langsam vom Stern abströmt, nimmt er eine gleichmäßigere Form an.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Wegen der gewaltigen Anziehungskraft können sogar Photonen nicht mehr entweichen, wenn sie den Ereignishorizont eines Schwazen Lochs erreicht haben. Wäre daraus nicht zu folgern, dass auch Teilchen auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden müssten, wenn sie einem Schwarzen Loch so nahe kommen? Was verbirgt sich eigentlich hinter dem Ereignishorizont? Frank Ziegler, Erfurt

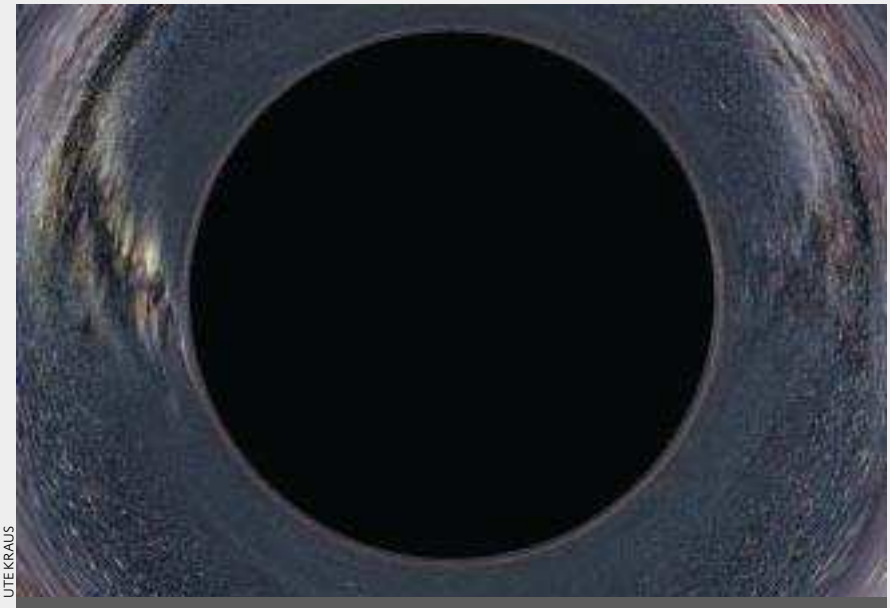
Auf der Grundlage der Relativitätstheorie kann man zeigen, dass jedes Teilchen mit endlicher Ruhemasse (also nicht nur Licht) am Ereignishorizont eines Schwarzen Lochs exakt die Vakuumlichtgeschwindigkeit erreicht. Das ist eine fundamentale Eigenschaft der Raumzeit eines Schwarzen Lochs. Was genau mit der Materie im Innern des Lochs geschieht, ist ungeklärt.

Die Ursache für das Gravitationsfeld (besser: für die Raumzeit) eines Schwarzen Lochs ist eine zentrale »Krümmungssingularität«. Darin steckt die gesamte Masse des Lochs! Singularitäten haben keinerlei räumliche Ausdehnung. Dies steht im Widerspruch zur Quantentheorie, denn gemäß der Heisenberg'schen Unschärferelation verbietet die Natur die Existenz von Punkten.

Im Rahmen der Einstein'schen Relativitätstheorie hat die Masse des Lochs ihre Materieeigenschaften verloren. Ein klassisches Schwarzes Loch ist »Masse (oder Energie) ohne Materie«. Dies ist für Physiker sehr unbefriedigend. Sie hoffen, dieses Dilemma mit einer quantisierten Gravitationstheorie lösen zu können. Zu diesen zählen die Stringtheorien und die Loop-Quantengravitation (AH 3/2006, S. 20).

In der Loop-Quantengravitation ist die Raumzeit nicht kontinuierlich – wie bei Einstein –, sondern in einzelne Raumquanten (»Loops«) aufgeteilt. Auch die Zeit »macht Sprünge«. Interessanterweise deuten vereinfachende Untersuchungen auf der Grundlage der Loop-Quantengravitation bereits an, dass die Krümmungssingularitäten der Relativitätstheorie verschwinden könnten. Die neuen Theorien müssen sich aber erst bewähren. **>> Andreas Müller**

Der Autor erforscht Schwarze Löcher am MPI für Extraterrestrische Physik in Garching. Ein Blick in sein Astro-Lexikon (www.mpe.mpg.de/~amueller/lexdt.html) lohnt sich!



UTE KRAUS

Schwarze Löcher verzerren den Weltraum und verschlucken Materie und Licht.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Mit einer Geschwindigkeit von etwa 7200 Kilometern pro Stunde raste der Schatten von Phobos über die Marsoberfläche.

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

MARS

Phobos verfinstert die Sonne

Einem Astronauten auf dem Mars wäre die Sonnenfinsternis womöglich gar nicht aufgefallen. Denn Phobos, der mit etwa 27 mal 22 mal 19 Kilometer größere der beiden Marsmonde, benötigt für einen Umlauf um den Planeten nur wenig mehr als siebeneinhalb Stunden. Die Verfinsterung der Sonnenscheibe dauerte deshalb in diesem Fall nur 21 Sekunden.

Die Aufnahme des Phobosschattens stammt von der Esa-Sonde Mars Express und entstand am 10. November 2005. Der Schatten ist elliptisch, da der Schattenkegel schräg auf den Mars trifft. Für das Bild mussten sowohl die Position des Raumschiffs als auch das Gebiet des Schattens auf wenige hundert Meter genau vorhergesagt werden.

Obwohl der Trabant in nur 6000 Kilometer Entfernung um den Mars kreist, ist er zu klein, um die 219 Millionen Kilometer entfernte Sonnenscheibe vollkommen zu bedecken. Bei der partiellen Sonnenfinsternis bedeckte er etwa ein Fünftel davon.

Stünde jener Astronaut auf der Marsoberfläche im Zentrum des Schattens, sähe er Phobos in seiner ganzen Größe inmitten der Sonnenscheibe. Aus der Region des diffusen Halbschattens wäre hingegen nur ein Teil von Phobos vor der partiell verfinsterten Sonne zu erkennen.

NOVA

RS Ophiuchi mit bloßem Auge sichtbar

Zum ersten Mal seit 21 Jahren ist die berühmte »rekurrente Nova« RS Ophiuchi so heftig ausgebrochen, dass sie mit bloßem Auge beobachtet werden kann.

Der veränderliche Stern mit gleichem Namen ist eigentlich eines jener Doppelsternsysteme, deren massereicheres Objekt sich bereits zum Weißen Zwerg entwickelt hat. Stehen die beiden Sterne eng beieinander, kann von dem größeren, aber masseärmeren Stern Gas auf den Zwerg strömen. Dort sammelt es sich so lange an, bis Kernreaktionen einsetzen und die oberflächennahe Schicht explodiert.

Auf diese Weise stieg bei RS Ophiuchi zuletzt 1985 die scheinbare Helligkeit von 11. auf 5. Größenklasse an und sank dann wieder mit einer Rate von etwa 0,1 Größe pro Tag. Der »neue Stern« ist im Osten des Sternbilds Schlangenträger zu sehen, rund vier Grad nordnordöstlich des Sterns Ny Ophiuchi (ν Oph, 3. Größe). Er steht gegen sechs Uhr morgens im Südosten, rechts oberhalb der Venus.

MILCHSTRASSE

Und tschüss!

Die beiden gerade entdeckten Sterne sind über zwei Millionen Kilometer pro Stunde schnell und fliegen mit derart großer Geschwindigkeit durch das Milchstraßensystem, dass sie für immer aus der Galaxis ins All rasen. Sie gehören zu den so genannten Hochgeschwindigkeitssternen – Hyper Velocity Stars –, von denen bisher erst fünf entdeckt wurden.

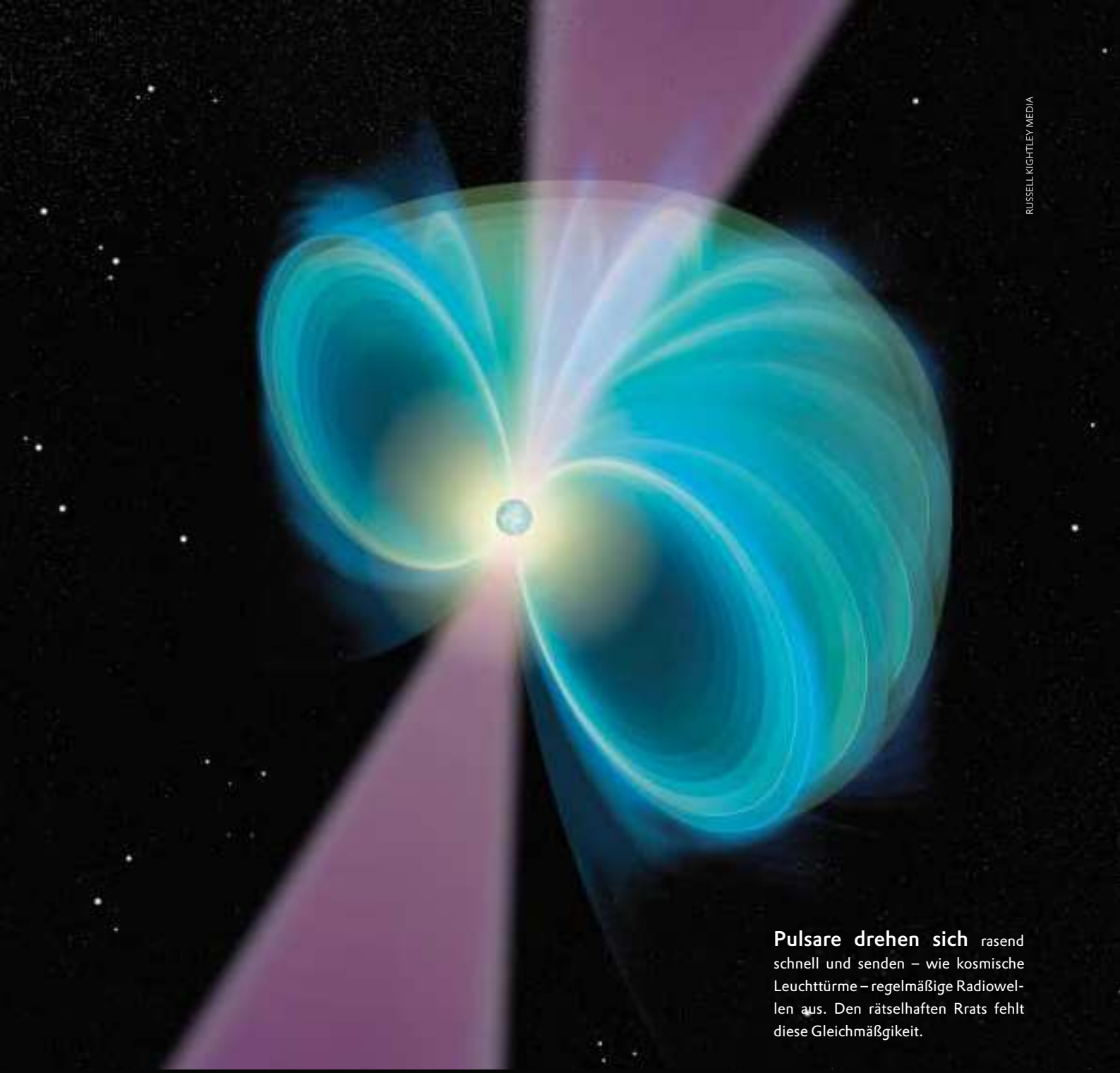
Warren Brown vom Harvard Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge (CfA) und seine Mitarbeiter hatten mit dem Multiple Mirror Observatory in Arizona (MMT) einen Himmelsausschnitt erkundet, der etwa 8000-mal so groß war wie die Vollmondscheibe. Dabei fanden sie lediglich zwei Sterne, die so schnell unterwegs waren, dass sie die Anziehungskraft unserer Galaxis überwinden und für immer im Weltraum verschwinden werden.

Insgesamt dürfte es unter den mehr als hundert Milliarden Sternen des Milchstraßensystems etwa tausend Hochgeschwindigkeitssterne geben. So

SDSS COLLABORATION

Einer der beiden Hyper Velocity Stars (Pfeil) auf seiner Reise an den Rand des Milchstraßensystems.

schnell können sie nur werden, wenn sie im Umfeld des zentralen Schwarzen Lochs beschleunigt werden. Theoretisch würden sie die Strecke zwischen Hamburg und München in nur einer Sekunde zurücklegen. Dennoch dauert die Reise vom Innern des Milchstraßensystems bis an seinen Rand viele Millionen Jahre.



RUSSELL KIGHTLEY MEDIA

Pulsare drehen sich rasend schnell und senden – wie kosmische Leuchttürme – regelmäßige Radiowellen aus. Den rätselhaften Rrats fehlt diese Gleichmäßigkeit.

RADIOASTRONOMIE

Seltsame Radiosignale verblüffen Forscher

Dick Manchester und seine Kollegen sind verwirrt. Mit einem Radioteleskop empfingen sie rätselhafte Signale von Sternen: Nach einem nur einige tausendstel Sekunden langen Radioimpuls herrschte minu-ten-, teils stundenlang Ruhe. Erst dann registrierten die Forscher an der Australia Telescope National Facility (ATNF) erneut das kurze Signal.

Das Team um Manchester vermutet, dass es von Sternen ausgesendet wird, die den Pulsaren ähnlich sind – Neutronensternen, die etwa doppelt so massereich sind wie die Sonne, aber einen Durchmesser von weniger als zwanzig Kilometern haben. Sie rotieren extrem schnell – der Rekord liegt bei 716 Umdrehungen pro Minute – und senden dabei regelmäßige Radiowellen aus. Auch wenn die Forscher bei den so genannten Rotation Radio Transients (Rrats) Hinweise auf starke Magnetfelder und eine Rotation fanden, haben sie für die extrem langen Pausen keine Erklärung. Sie vergleichen die Eigenschaften der Rrats mit dem Licht eines Leuchtturms, bei dem in unregelmäßigen Abständen der Strom ausfällt.

So stellt sich der Künstler das Trojanerpaar Patroclus vor. Womöglich kreisen hier nicht Asteroiden, sondern Kometen umeinander.

KECK OBS. / LYNETTE COOK

SONNENSYSTEM

Die wahre Natur der Trojaner

Dort, wo sich die Schwerkräfte der Sonne und des Riesenplaneten Jupiter aufheben, kreisen unzählige kleine, nur schwer beobachtbare Himmelskörper um die Sonne. Etwas mehr als tausend dieser so genannten Trojaner wurden bisher identifiziert. Vor Kurzem fand sich hier sogar ein System aus zwei einander umkreisenden Objekten: Patroclus.

Genau diese beiden Brocken sind es, die einem Team um Franck Marchis von der University of California in Berkeley jetzt verrieten, dass die bisherigen Vorstellungen über die Trojaner womöglich falsch sind: dass es sich dabei nämlich nicht um Asteroiden handelt, die in Sonnennähe entstanden, sondern um Kometen, die ihren Ursprung am Rand des Sonnensystems haben.

Patroclus jedenfalls, das haben die Forscher mit Hilfe des Zehn-Meter-Teleskops am W.M. Keck Observatory auf Hawaii festgestellt, besteht – wie die Kometen – aus einem extrem porösen Gemisch von Eis und Gestein und hat insgesamt eine Dichte, die geringer ist als die von Wasser.

Die 122 beziehungsweise 112 Kilometer großen Brocken umkreisen sich in einem Abstand von 680 Kilometern. Vermutlich entstanden sie vor 4,5 Milliarden Jahren im Kuiper-Gürtel. In jener Zeit wuchsen die riesigen Gasplaneten heran und fingen die Kometen an ihren Lagrange-Punkten ein. Die enorme Anziehungskraft von Jupiter könnte auch dafür verantwortlich sein, dass der große Komet in zwei Teile zerbrach.

PLANETEN

Kreisen im Gegenverkehr

Wenn in Akkretionsscheiben junger Sterne Planeten heranwachsen, umlaufen sie ihre Zentralgestirne nicht immer nur in einer Richtung. Dies schließen Wissenschaftler um Anthony Remijan vom National Radio Astronomy Observatory (NRAO), New Mexico, aus Messungen der 27 Radioteleskope des Very Large Array (VLA).

Bei der Auswertung stießen die Forscher dann in der protoplanetaren Staubscheibe eines jungen Sterns auf Materiebrocken, die sowohl im als auch gegen den Uhrzeigersinn um das Gestirn kreisen.

Die Forscher hatten die Staubhülle um einen 500 Lichtjahre entfernten Stern im Schlangenträger beobachtet. Dabei gab ihnen die Dopplerverschiebung der für Siliziummonoxid-Moleküle typischen Frequenz Aufschluss über die Bewegungsrichtung der Partikel in der Staubscheibe des Sterns.

Sollten sich Planeten aus den dafür durchaus ausreichenden Mengen Staub bilden, so würde ihr Orbit ebenfalls in gegensätzlichen Richtungen verlaufen.

Möglicherweise sei die Gegenläufigkeit das Ergebnis einer Kollision zweier unterschiedlich rotierender Staubwolken. Und wahrscheinlich seien solche entgegengesetzt drehenden protostellaren Wolken nicht einmal selten, obwohl die nun gemachte Beobachtung die erste ihrer Art sei. Bei größeren Strukturen wie Galaxien ist Ähnliches bereits beschrieben worden.

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auch unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

CASSINI

Donnerwetter auf Saturn

Auf dem Ringplaneten tobt seit Ende Januar das stärkste jemals beobachtete Gewitter. Obwohl es auf der Nachtseite des Saturns stürmt, reflektierten seine Ringe so viel Licht, dass die Raumsonde Cassini Bilder des Unwetters schießen konnte.

Wie die Stürme entstehen, wissen die Forscher um Donald Gurnett von der University of Iowa noch nicht. Vermutlich sind sie – wie auf der Erde auch – Folge aufsteigender Warmluft. Ihre Dimensionen sind indes mit denen auf der Erde nicht vergleichbar. Das Gewitter erstreckt sich über 3500 Kilometer und ist damit so groß wie der Mond. Seine Blitze, so die Wissenschaftler, seien tausendmal heftiger als die bei uns. Es könne sein, dass der Sturm Monate, vielleicht sogar Jahre anhält.

Dass es aus dem Wolkenwirbel wirklich blitzt, folgern sie aus den Radioemissionen. Die Entladungen sind auf dem Bild (oben) nicht zu sehen, das könnte zwei Gründe haben. Vielleicht entstanden die Blitze in tieferen Wolkenschichten und blieben deshalb unsichtbar. Oder es war einfach Pech im Spiel und Cassini machte seine zehn Sekunden lang belichtete Aufnahme gerade in einem Moment, als nirgends etwas blitzte.

NASA, JPL / SSI

So groß wie der Mond Der Sturm auf Saturn könnte noch Monate oder sogar Jahre toben.

KUIPER-GÜRTEL

Deutlich größer als Pluto

MPIFR

Xena stellt den Planeten Pluto in den Schatten.

Das im letzten Jahr im Kuiper-Gürtel entdeckte Objekt UB313 hat vermutlich einen Durchmesser von rund 3000 Kilometern. Damit ist Xena, wie der Körper vorläufig genannt wurde, 700 Kilometer größer als Pluto – und das seit der Entdeckung von Neptun im Jahr 1846 größte Objekt im Sonnensystem.

Xena ist zudem der entfernteste bisher gefundene Himmelskörper, der um die Sonne kreist. Er ist fast 15 Milliarden Kilometer von uns entfernt, also etwa dreimal so weit wie Pluto. Für eine Umrundung der Sonne benötigt er ungefähr 560 Erdjahre.

Nach seiner Entdeckung ließ seine Helligkeit bereits darauf schließen, dass Xena mindestens genauso groß ist wie Pluto. Erst nachdem die Forscher um Frank Bertoldi von der Universität Bonn diese Daten mit der abgestrahlten Wärmeleistung kombinierten, konnten sie seine Größe genauer bestimmen.

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK

Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

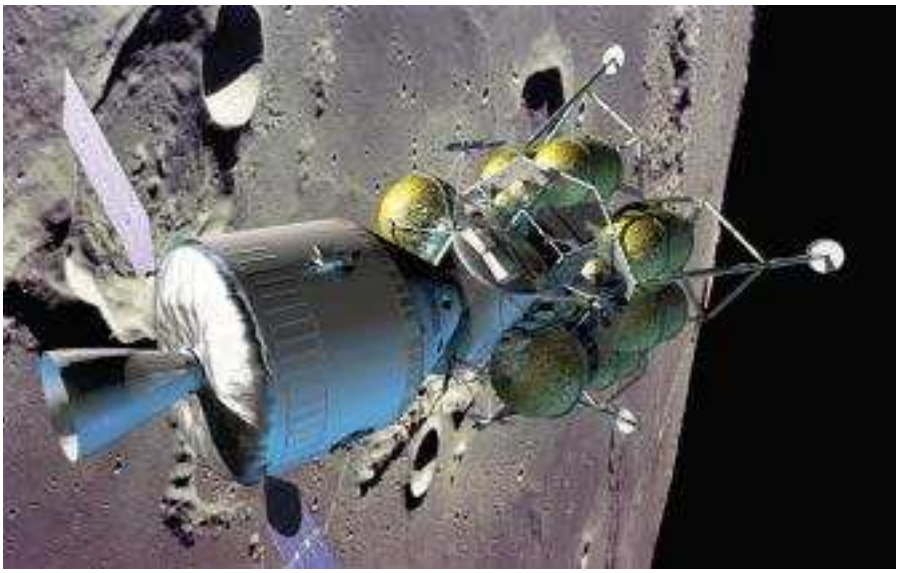
ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Lochhamer Schlag 6
D-82166 GRÄFELFING bei MÜNCHEN
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Start von Apollo 15 im Sommer 1971 (kleines Foto links) und des geplanten »CLV« (Grafik daneben). Das »Heavy Lift Vehicle« (großes Bild) bringt die Mondlandefähre ins All.

Nach Apollo kommt … Apollo?

31. März 2018: Auf der Startrampe 39B des Kennedy-Raumflugzentrums steht ein mehr als 100 Meter hohes und 3000 Tonnen schweres »Heavy Lift Vehicle«. Die beiden Testflüge im Vorjahr waren erfolgreich – jetzt wird es ernst! **>> Eugen Reichl**

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: NASA;
ALLE ILLUSTRATIONEN: NASA / JOHN FRASSANITO AND ASSOCIATES



Das »Crew Exploration Vehicle« (CEV, Grafik links, mit angedocktem Mondlandefahrzeug) ähnelt dem Apollo-Raumschiff (Foto rechts, vom Lunar Lander aus aufgenommen) nur oberflächlich.

Knapp 15 Jahre vor dem Start: Nasa-Chef Michael Griffin präsentiert im Herbst 2005 die neue Ausrichtung der amerikanischen Weltraumagentur, die im Rahmen der Exploration Systems Architecture Study erarbeitet worden war. Dieses Konzept beschreibt die Zukunft des amerikanischen Weltraumprogramms. Kernelemente sind eine Raumkapsel und eine Landefähre, die beide zunächst nicht viel anders aussehen als die Fluggeräte, mit denen Armstrong, Aldrin und Collins im Juli 1969 den Mond erreichten. Will die Nasa das Apollo-Programm noch einmal neu auflegen? Tatsächlich gibt es eine ganze Reihe von Gemeinsamkeiten – aber auch Unterschiede, die größer sind, als es der ersten Blick offenbart:

Es wird zwei neue Raumfahrzeuge geben: Das Crew Exploration Vehicle, kurz CEV, bestehend aus Kommandokabine und Servicemodul. Dies ist das nächste bemannte Raumfahrzeug der USA. Und das Lunar Surface Access Module, kurz LSAM, das die Astronauten auf die Mondoberfläche bringen soll. Dazu kommen zwei neue Trägerraketen: das Crew Launch Vehicle, kurz CLV, für den Transport des neuen Weltraumtaxis sowie einen Schwerlastträger mit der Bezeichnung Heavy Lift Vehicle, kurz HLV (Illustrationen S. 12 und 13).

Anders als im Apollo-Programm, wo Mannschaftsfahrzeug und Lander gemeinsam an der Spitze einer einzelnen Saturn 5 auf den Weg zum Mond gebracht wurden, werden CEV und LSAM im neuen Programm die Reise separat antreten.

Für die Entwicklung der beiden Raumfahrzeuge und der beiden Raketen hat die Nasa ihr Vorhaben im Wesentlichen in drei Phasen aufgeteilt. Während der ersten – von 2006 bis 2012 – werden nur das CEV und sein Träger entwickelt. Eine gleichzeitige Konstruktion aller Komponenten wäre zwar wünschenswert, ist aber aus finanziellen Gründen nicht machbar. Denn – das darf man nicht vergessen – das Shuttleprogramm, das fünf Milliarden Dollar pro Jahr verschlingt, läuft noch bis 2010.

Phase 2 und 3 – Letztere soll 2018 beginnen und den Mars zum Ziel haben – können also erst dann angegangen werden, wenn Discovery, Endeavour und Atlantis im Museum stehen.

In den Orbit mit »The Stick«

Aufgabe des Crew Launch Vehicles wird es sein, das CEV in den Orbit zu bringen. Um die Entwicklung des CLV risikoarm, kostengünstig und vor allen Dingen schnell abwickeln zu können, werden dafür bereits heute existierende Systeme verwendet. Die erste Stufe besteht aus einem Shuttle-Feststoffmotor und die Oberstufe greift auf eine Komponente des Apollo-Programms zurück: das J2-S-Triebwerk, das noch für eine überarbeitete Version der Saturn-5-Oberstufe entwickelt wurde. Der neue Raketenmotor kam damals nicht mehr zum Einsatz, weil das Mondprogramm vorzeitig abgebrochen wurde. Das Fahrzeug hat wegen seines eigenwillig dünnen Aussehens schon einen Spitznamen bekommen: The Stick (»der Stock«).

Das CEV sieht so ähnlich aus wie einst das Apollo-Kommandomodul. Innen besteht es jedoch aus modernster Technik. Bei Apollo war die kegelförmige Kapsel für drei Mann Besatzung ausgelegt, hatte einen Basisdurchmesser von 3,90 Metern und eine ebensolche Höhe. Dagegen ist das neue Raumschiff mit 5 Meter Durchmesser geräumig. Es hat ein gut doppelt so großes Innenvolumen und bietet vier Astronauten Platz. Die Masse der Kapsel ist aber dank neuester Werkstoffe nicht größer als die der Apollo-Kabine. Und es gibt noch einen wichtigen Unterschied: Die Stromversorgung des CEV erfolgt über große Solargeneratoren. Apollo verwendete seinerzeit Brennstoffzellen. Diese sind aber bei längeren Flügen weniger effizient.

CEV und »The Stick« sind nicht nur für den Mond bestimmt, sondern sorgen dafür, dass die Lücke im bemannten Raumflugprogramm der Nasa Anfang des nächsten Jahrzehnts nicht allzu groß wird: Ab September 2012 sollen sie die Internationale Raumstation anfliegen.

Sobald im Herbst 2010 die Shuttles in den Ruhestand gehen, sind Mittel frei, um auch den Schwerlastträger und den Mondlander zu entwickeln. Das Heavy Lift Vehicle wird die größte und teuerste

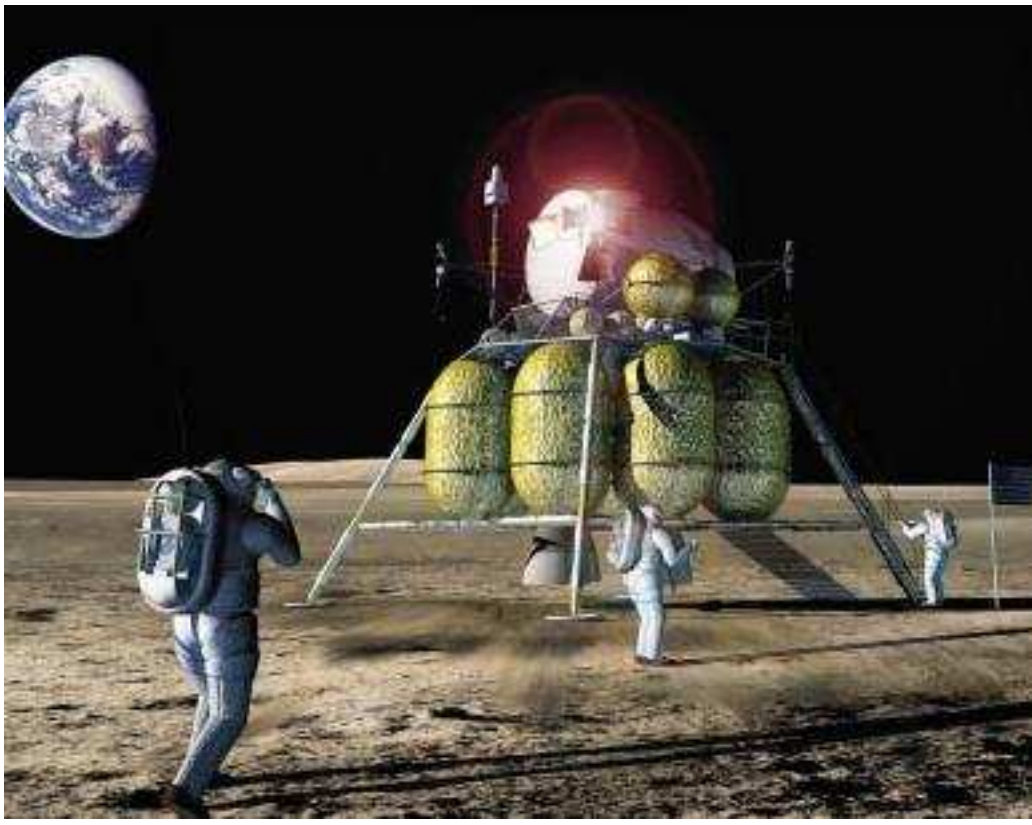
Komponente des ganzen Programms. Die neue Riesenrakete soll mindestens 125 Tonnen Nutzlast in einen niedrigen Erdorbit bringen. Seine Wurfkapazität (Throw-Capability), wie es die Ingenieure bildhaft nennen, beträgt 55 Tonnen. Und dieser Wurf zum Mond erfordert eine Geschwindigkeit von 10,9 Kilometer pro Sekunde. Beim Design der Grundstufe des Schwerlastträgers orientieren sich die Ingenieure stark am Transportsystem der Gegenwart. Die Basis, Core Stage genannt, ist im Wesentlichen ein stark modifizierter Shuttle-Außentank, an dessen unterem Ende fünf Spaceshuttle-Haupttriebwerke montiert werden. Zusätzlich geben zwei der bewährten Feststoffbooster Starthilfe.

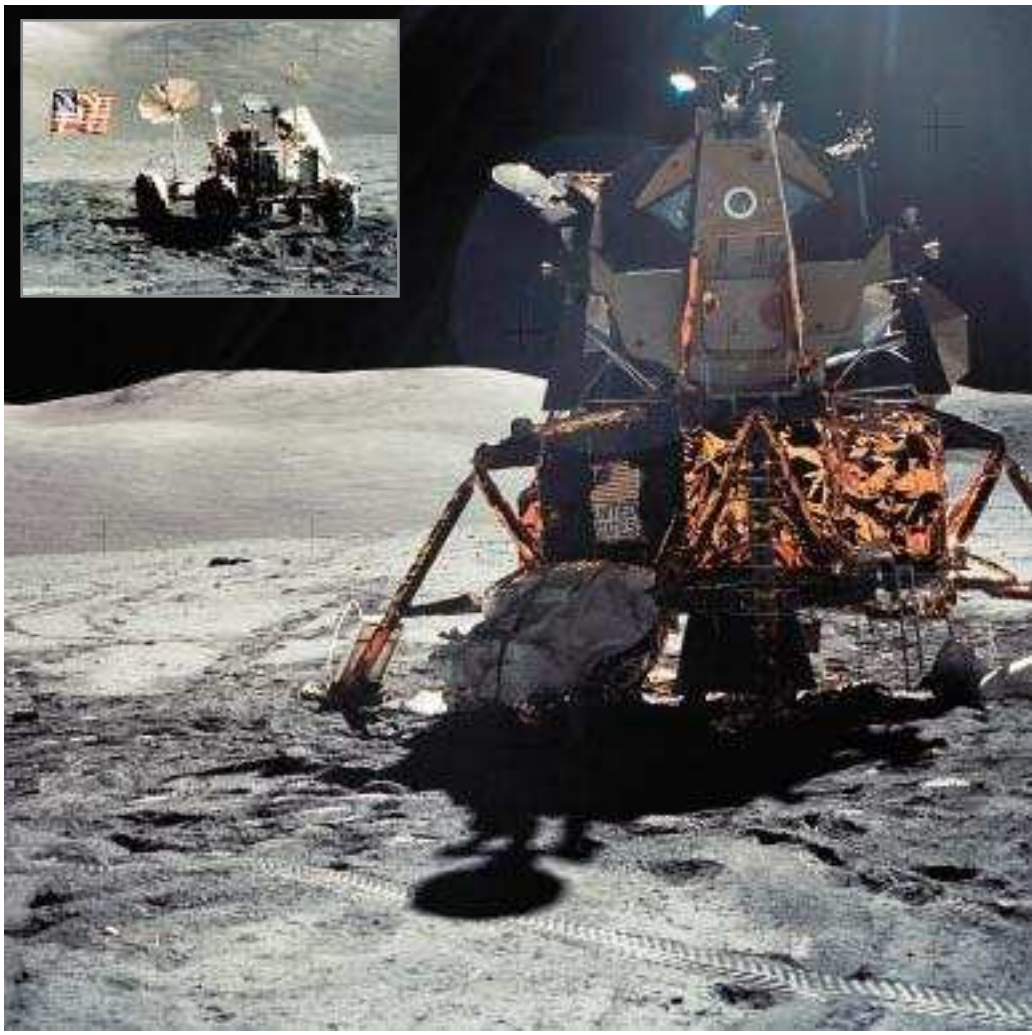
Die Oberstufe heißt Earth Departure Stage (EDS). Sie verwendet zwei Einheiten des Ex-Apollo-J2-S-Triebwerks, das auch im CLV zum Einsatz kommt. Die EDS wird eingesetzt, um den Lander in die Erdparkbahn zu bringen und das Gespann nach dem Ankoppeln des CEV auf Transfergeschwindigkeit zum Mond zu beschleunigen.

Caravan zum Mond

Gleichzeitig mit der Entwicklung des HLV beginnen auch die Arbeiten am Mondlander (LSAM, Grafik rechts oben). Er kann vier Astronauten aufnehmen statt zwei wie seinerzeit bei Apollo. Die mussten damals bis zu drei Tagen in qualvoller Enge verbringen, fast durchweg stehend wie in einer Telefonzelle. Der Besatzung des LSAM steht dagegen so viel Platz wie in einem geräumigen Wohnwagen zur Verfügung. Für die Ausflüge auf die Mondoberfläche gibt es sogar eine Luftschleuse.

Zurück in die Zukunft, zum 31. März 2018. Der Count-down nähert sich seinem Ende. Sieben Sekunden vor dem Lift-off werden die fünf Haupttriebwerke gestartet. Bei t minus drei Sekunden ist der Nominalschub erreicht. Eine >





Das Lunar Surface Access Module (LSAM, Illustration oben) ist erheblich leistungsfähiger und größer als der Apollo Lunar Lander (unten), hier bei der Mission von Apollo 17 im Dezember 1972. Immerhin war damals bereits ein Mondrover (kleines Bild) mit einer Reichweite von zwanzig Kilometern an Bord.

Landeplatz Ozean Die Apollo-Kapseln (kleines Foto links) waren für Wasserlandungen ausgelegt. Das CEV (Grafik oben) soll auf Land niedergehen und zusätzlich zu den Fallschirmen mit Airbags und Raketen gebremst werden.

> kurze Testphase, dann zünden die beiden Feststoffbooster, und in einem Inferno aus Lärm und Flammen löst sich die 3000 Tonnen schwere Trägerrakete mit einem Schub von 4500 Tonnen vom Launch-Pad. Ein überwältigendes Spektakel!

Die erste bemannte Mondlandeexpedition nach 46 Jahren beginnt – zunächst ohne Besatzung. Denn die wartet, nur wenige Kilometer entfernt, auf der Rampe 39A, in einer weiteren Rakete auf ihren Einsatz: im Stick. Der hat in den Jahren zwischen 2009 und 2017 schon über dreißig Einsätze absolviert.

Neun Minuten nach dem Lift-off hat das HLV, nunmehr nur noch aus der Earth Departure Stage bestehend, eine niedrige Erdumlaufbahn erreicht. Automatische Checks werden durchgeführt, die Systeme von EDS und LSAM überprüft. Ist alles in Ordnung, startet auch die vierköpfige Besatzung des ersten Mondflugs im 21. Jahrhundert.

Ein bis zwei Tage später nähert sich das CEV dem Treffpunkt und legt schließlich am Kopplungsstutzen der Mondlandefähre an.

Nun erfolgen weitere Checks der drei Module. Zeigen alle Instrumente »Grün«, zünden bei passender Stellung von Erde und Mond die beiden Triebwerke der Transferstufe erneut, um Fahrt bis zur Fluchtgeschwindigkeit aufzunehmen.

Abstieg zum Mond

Drei Tage dauert die Reise zum Mond. In dieser Zeit trennt sich die Transferstufe von der Kombination aus LSAM und CEV. Auf der erdabgewandten Seite des Monds zündet das Triebwerk des Servicemoduls, bremst das Duo um über 2000 auf etwa 6000 Kilometer pro Stunde ab und schwenkt so in einen Orbit um den Mond ein. Dieser Teil des Ablaufs entspricht haargenau dem des Apollo-Programms.

In einer bis zu drei Tagen dauernden Test- und Initialisierungsphase steigt die komplette Besatzung in die Landefähre um. Anders als bei Apollo bleibt niemand in der Umlaufbahn zurück. Das Schiff ist in der Lage, ein halbes Jahr lang völlig autonom zu operieren.

Waren die Apollo-Missionen auf die äquatornahen Gebiete des Monds beschränkt, sind die Astronauten nun in der Lage, auch die Pole des Monds anzusteuern. Denn der Südpol ist als Standort für eine künftige ständige Basis auf dem Erdtrabanten im Gespräch.

Bei Apollo war das Gewicht von wissenschaftlicher Nutzlast und Versorgungsgütern auf etwa 250 Kilogramm beschränkt. Das LSAM kann mehr als die zehnfache Nutzlast transportieren. Bei dieser ersten Expedition des dritten Millenniums werden alle vier Astronauten an sieben Tagen auf der Oberfläche jeweils sechs- bis achtstündige Exkursionen unternehmen. Für Ausflüge bis in eine Entfernung von 25 Kilometern vom Lander werden zwei Mondautos mitgeführt.

Rücksturz zur Erde

Am Ende des einwöchigen Aufenthalts zündet die Crew das Aufstiegstriebwerk. Es bringt das Oberteil des Landers zum Rendezvous mit dem CEV im Mondorbit. Die derzeitige Planung sieht vor, alles, was irgendwie für eine spätere lu-

nare Basis gebraucht werden könnte, unbeschädigt und gut verpackt auf der Oberfläche zurückzulassen.

Ein bis zwei Tage später wird die Aufstiegsstufe abgestoßen, das Bordtriebwerk des CEV gezündet, und die Besatzung macht sich auf den dreitägigen Heimweg. 18 bis 22 Tage nach Missionsbeginn nähert sich die Expedition wieder der Erde. Genau wie bei Apollo wird das Servicemodul abgesprengt und verglüht über der Westküste der Vereinigten Staaten.

Die Kommandokapsel muss sich auf der letzten Wegstrecke aus Batterien versorgen, genau wie einst Apollo. Anders als damals soll das CEV im Regelfall an seinen Fallschirmen über dem Festland niedergehen (Grafik links). Zur Not muss es seine Reise aber auch auf hoher See sicher beenden können.

Drei Landegebiete gibt es in Kalifornien: die Luftwaffenbasis Edwards, die Carson Flats und den ausgetrockneten Moses Lake. Um hier nicht in unwegsames Bergland abzudriften, ist eine punktgenaue Landung erforderlich. Die Zielabweichung sollte drei Kilometer nicht übersteigen.

In jedem Fall muss die Landung an der Westküste erfolgen, damit das Servicemodul, das unmittelbar vor dem Eintritt der CEV-Kapsel in die Atmosphäre abgesprengt wird und dieser auf einer Freifallbahn in geringem Abstand folgt, nicht etwa über Land Menschen gefährdet, wenn einzelne Teile beim Durchfliegen der Lufthülle nicht vollständig verglühen sollten.

Das Aufsetzen des CEV auf dem harten Wüstenboden Kaliforniens wird durch Bremsraketen und Airbags gemildert. Für die Wasserlandungen à la Apollo war das nicht notwendig. Und schließlich gibt es noch einen wesentlichen Unterschied: Das Modul wird wiederverwendbar sein. Ziel der Nasa ist es, fünf bis zehn Einsätze pro Kapsel durchzuführen.

Wenn nach einer erfolgreichen Mission die vier Astronauten wohlbehalten ihrer Raumkapsel entsteigen, dann folgt noch im Spätherbst desselben Jahres die zweite Expedition – und die Astronauten sollen vier Wochen auf dem Mond bleiben. <<

Raumfahrtexperte **Eugen Reichl** will 2018 unbedingt am Cape Canaveral sein.

Kommentar: »Kommerziell in den Orbit«

Investoren mögen die private Raumfahrt nicht. Dabei ist das Thema eigentlich »sexy«. In den Massenmedien der USA nimmt sie über ein Prozent der Berichterstattung ein, obwohl sie nur ein Viertausendstel zum Bruttoinlandsprodukt beiträgt. Wie kommt es dann, dass fünf Jahrzehnte nach Sputnik die Raumfahrt als Wirtschaftsfaktor immer noch bedeutungslos ist?

Eigentlich stehen die Privatunternehmer längst in den Startlöchern. Elon Musk, der Chef des Falcon-Herstellers SpaceX (AH 3/2006, S. 14), verglich die Situation kürzlich mit dem Beginn des Internet-Business: »Der Netscape-Moment in der Raumfahrt steht unmittelbar bevor.«

Fakt ist jedenfalls: Geldgeber wünschen Transparenz. Nur wenn der Markt klare Bedingungen vorfindet, drehen die Investoren den Geldhahn auf. Herrscht Konfusion, dann lassen sie es bleiben.

Doch immerhin beginnen sie zögernd, in den suborbitalen Weltraumtourismus zu investieren. Aber auch das erst, nachdem dafür eine klare Gesetzeslage geschaffen wurde.

Ein einzelnes Projekt ist jedoch zu wenig für ein stabiles Wachstum. Neue Märkte müssen her. Und die gibt es, denn die Nasa hat ein Monopol für eine Dienstleistung, die längst von Privatunternehmen erledigt werden könnte: die Versorgung der Internationalen Raumstation mit Essen, Treibstoff, Kleidung und Wasser.

Die Zeit ist reif für einen Paradigmenwechsel. Die Technik ist inzwischen so weit, dass nicht nur die staatlich gemästeten Aerospace-Giganten wie Boeing und Lockheed, sondern auch kleine, effektive und bewegliche Teams kommerziell einsetzbare Raumfahrzeuge bauen können. Das Unternehmen Scaled Composites, das im Jahr 2004 mit SpaceShipOne den X-Price holte (AH 3/2004, S. 16), ist das beste Beispiel dafür.

Immerhin hat die amerikanische Raumfahrtbehörde die Zeichen der Zeit erkannt und ein Programm mit der Bezeichnung COTS (Commercial Orbital Transportation Services) ins Leben gerufen. Die Nasa will in Kürze zwei Unternehmen für einen so genannten Fly-off auswählen. Eine Art Wettfliegen also. Dem Sieger winkt der Versorgungsauftrag für die ISS; aber auch der zweite Kandidat hat gute Marktchancen.

Die COTS-Mittel sind allerdings so gering, dass sich die Firmen, die für den Fly-off ausgewählt werden, zusätzliches Geld bei den Banken besorgen müssen. Das aber werden sie kaum bekommen, denn die Nasa kam auf die abstruse Idee, für genau die Dienstleistungen, die sie im COTS-Programm ausgeschrieben hat, ein eigenes Fahrzeug zu entwickeln.

Das CEV, das bemannte Raumfahrzeug der nächsten Generation, soll nämlich nicht nur als Crew-Transporter für Erdorbit, Mond und Mars dienen. Es soll auch eine unbemannte Frachtversion mit der Bezeichnung CEV Block 1B entstehen.

Und das bedeutet, dass kein Investor Geld in die privaten Raumfahrt-Start-ups stecken wird und die Aerospace-Giganten wie üblich den Kuchen unter sich aufteilen.

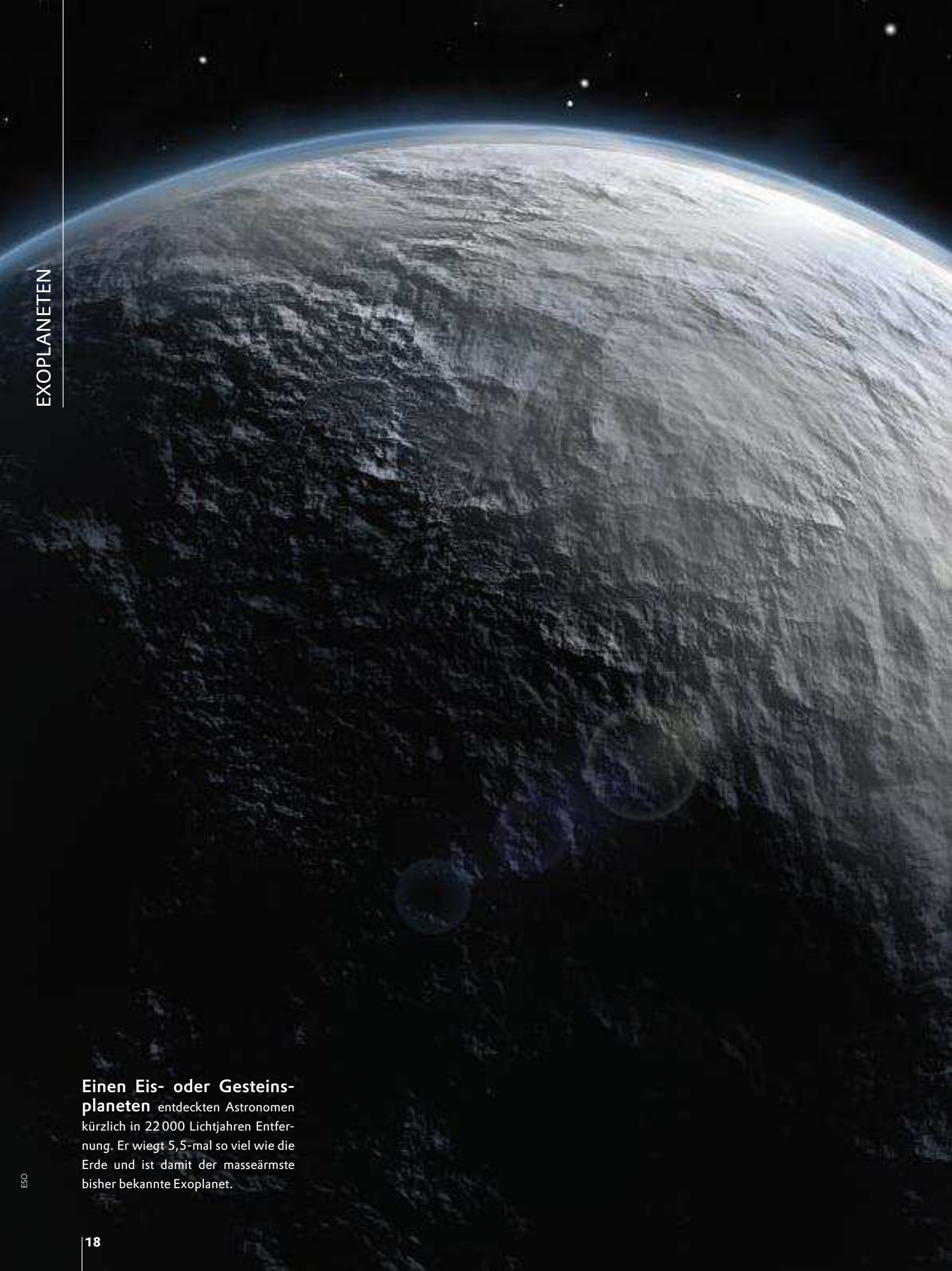
Doch noch ist nichts verloren. Widerstand regt sich, und einige Kongressabgeordnete wollen eine Petition einbringen, die es der Nasa verbietet, Logistikflüge zur ISS durchzuführen, sobald die COTS-Gewinner ihre Fahrzeuge betriebsbereit haben.

Zusammen mit dem Weltraumtourismus könnte COTS zum zweiten Standbein der privaten Raumfahrtindustrie werden und dazu beitragen, dass sich florierende, von selbst wachsende private Raumfluglinien entwickeln. Wenn erstmal Klarheit auf dem Markt herrscht, dann werden auch die Investoren die private Raumfahrt lieben.

>> Eugen Reichl

TRANSFORMATIONAL SPACE CORP., MARK MAXWELL

Die Firma t/Space will mit ihrem »CXV« Besatzung und Versorgungsgüter zur ISS transportieren.



Einen Eis- oder Gesteinsplaneten entdeckten Astronomen kürzlich in 22 000 Lichtjahren Entfernung. Er wiegt 5,5-mal so viel wie die Erde und ist damit der masseärmste bisher bekannte Exoplanet.

ESO

Ferne Welten enthüllen

Astronomen haben mittlerweile mehr als 170 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems gefunden. Wie sehen diese Himmelskörper aus?

>> Sara Seager

Bis 1999 hatten verschiedene Astronomenteams die Existenz von etwa dreißig extrasolaren Planeten bestätigt. Das Einzige, was wir von diesen Objekten kannten, waren ihre Mindestmassen und die Größe ihrer Umlaufbahnen. Der Grund: Allesamt waren mit Hilfe der Dopplerverschiebung im Licht ihres Zentralsterns gefunden worden – eine Methode, die nur diese beiden Parameter liefert.

Von Anfang an stand fest, dass es einer anderen Messtechnik bedurfte, um wenigstens die grundlegenden physikalischen Eigenschaften eines Exoplaneten zu ermitteln. Wir setzten dabei auf Transitereignisse, bei denen Planeten von der Erde aus gesehen vor ihren Heimatsternen vorüberziehen. Bei einem solchen Durchgang können Lichtkurven und Spektren gewonnen werden, die auf die Beschaffenheit des Planeten schließen lassen. Irgendwann, da waren wir uns sicher, würden wir auf einen »Transitplaneten« stoßen.

Heute blicken wir auf mehr als 170 bestätigte Exoplaneten. Unser Wunsch, diese fernen Welten umfassend zu verstehen, hat sich seit 1999 noch verstärkt. Wir kennen ungefähr dreißig »heiße Jupiter«, darunter den ersten, 1995 entdeckten Exoplaneten 51 Pegasi b. Neuere Funde haben die Klasse der heißen Jupiter um jene der »heißen Neptune« erweitert, die eine etwas geringere Masse besitzen. Kürzlich wurde in 22 000 Lichtjahren Entfernung sogar ein erdähnlicher Planet mit fester Oberfläche entdeckt, allerdings nicht mit Hilfe der Transitmethode, sondern des Gravitationslinseneffekts (Kasten S. 21).

Anders als die Wandelsterne unseres Sonnensystems haben die meisten bisher entdeckten Exoplaneten stark exzentrische Orbits und kreisen recht eng um ihre Zentralsterne. Sie lassen dort also wenig Raum für weitere – womöglich erdähnliche – Planeten. Zusammengenommen zeigen uns die Entdeckungen der letzten Jahre, dass die Planetenbildung ein offenbar zufallsgesteuerter Prozess ist, der bezüglich Masse, Größe und Distanz vom Zentralgestirn alle nur denkbaren Himmelskörper hervorbringt.

Bisher entdeckten die Forscher fast alle Exoplaneten mittels des Dopplereffekts. Dabei prüfen sie, ob ein bestimmter Stern kleine, periodische Bewegungen vollführt, die ihm umkreisende Planeten aufzwingen. Diese indirekte Nachweismethode liefert lediglich einen Wert für die Min- >

> destmasse eines Exoplaneten und den Radius seiner Umlaufbahn. Sie lässt viele Fragen unbeantwortet, etwa: Handelt es sich um Gasplaneten wie Jupiter oder Saturn, um Gesteinsplaneten wie die Erde oder irgendetwas dazwischen? Warum sind ihre Bahnen so stark exzentrisch, wo sie sich doch – laut Sternentstehungstheorien – in einer kreisrunden protoplanetaren Staubscheibe bildeten? Sind sie in einem anderen Orbit entstanden und nachträglich auf ihren jetzigen gewandert? Woraus bestehen ihre Atmosphären? Haben heiße Jupiter mächtige Gashüllen oder sind diese wegen der großen Nähe zum Zentralgestirn verdampft? Besitzen sie Ringe oder Monde?

Sternverfinsterungen entdecken

Angesichts so vieler Möglichkeiten möchten wir Astronomen schon ein paar mehr Messergebnisse erhalten als lediglich die Information, ob ein bestimmter Exoplanet existiert oder nicht. Wir wollen detaillierte Vorstellungen darüber bekommen, wie diese fernen Welten aussehen. Leider können wir die bewährten Methoden der Spektroskopie, mit denen wir ferne kosmische Objekte studieren, auf Exoplaneten nicht anwenden. Ihre Zentralsterne überstrahlen sie bei Weitem. Um die Spektren der fernen Planeten einzufangen, bedarf es vieltausendfach besserer Teleskopspiegel und millionenfach besserer Abblendtechniken, als wir sie heute zur Verfügung haben.

Zum Glück ist die Natur bezüglich der Vielfalt der fernen Trabanten recht großzügig. Einige von ihnen können wir erforschen, obwohl wir sie nicht direkt abbilden oder spektroskopisch untersuchen können: die Transitplaneten. Ende 1999 registrierten die Astronomen den Vorüberzug des planetaren Begleiters HD 209458b vor seinem Zentralstern 7,6ter Größe. Er benötigt für einen Umlauf dreieinhalb Tage und nimmt in der Exoplanetenforschung mittlerweile eine Schlüsselrolle ein. Im Lauf der Jahre haben weitere Transitfunde unser Bild vervollständigt.

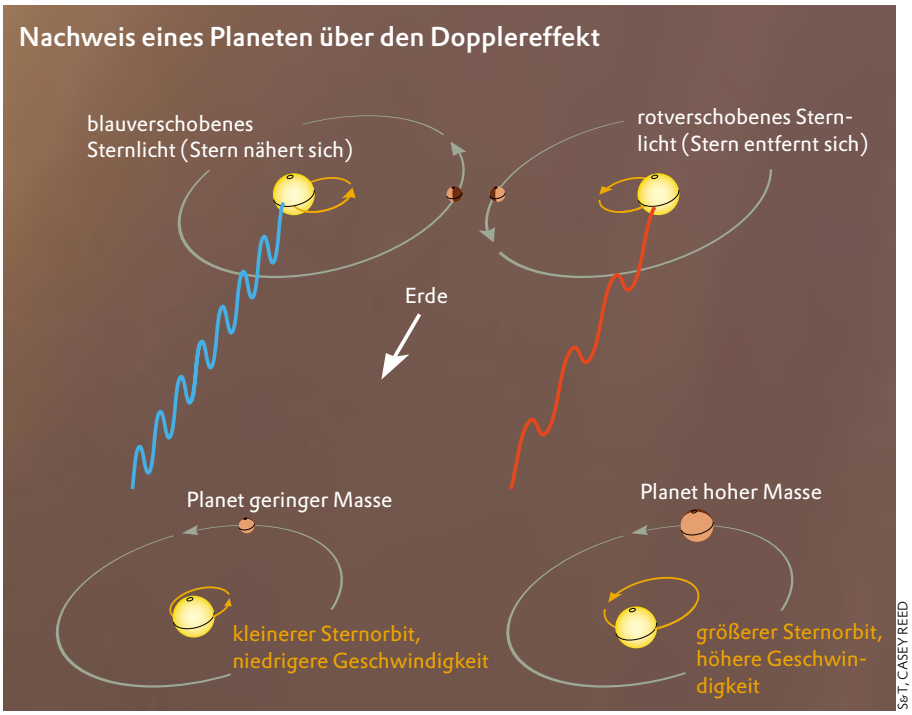
Transitplaneten sind derzeit die einzigen Exoplaneten, deren physikalische Eigenschaften wir messen können. Einer ihrer wichtigsten Parameter ist ihre Dichte (also die Masse, geteilt durch das Volumen), da sie etwas über die Zusammensetzung eines Himmelskörpers mitteilt. Astronomen können die Masse von Transitplaneten aus der Radialgeschwindigkeit des Zentralsterns ableiten. Die Verdunkelung des Zentralsterns während des Vorüberzugs liefert ein Maß für die Größe des Planeten. Von acht der neun mittlerweile bekannten Transitplaneten wissen wir, sie haben so geringe Dichten, dass sie fast vollständig aus Wasserstoff und Helium bestehen müssen. Es handelt sich also um Gasplaneten wie Jupiter oder Saturn.

Zwei von ihnen sind wahre Exzentriker. HD 209458b besitzt einen Durchmesser, der um ein Drittel größer ist als der Jupiters. Gleichzeitig ist er um ein Drittel leichter als dieser. Das ergibt die ungewöhnlich geringe Dichte von nur 0,33 Gramm pro Kubikzentimeter. In unserem Sonnensystem kommt der Planet mit der geringsten Dichte, Saturn, immerhin auf 0,69 Gramm pro Kubikzentimeter – mehr als das Doppelte. Mit anderen Worten: HD 209458b ist für seine Masse extrem voluminös.

Ein kosmisches Tauziehen

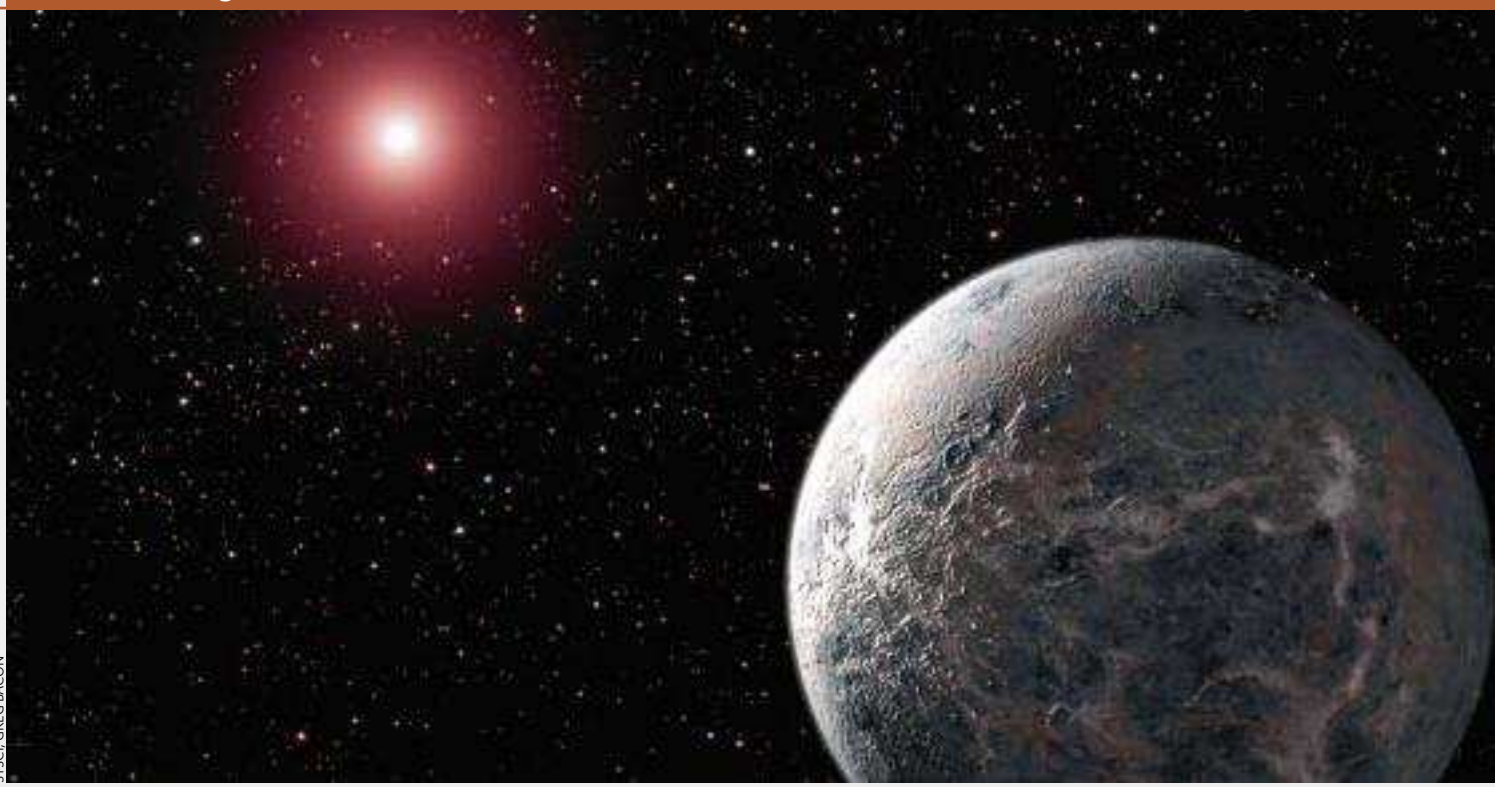
Gasriesen werden groß und heiß geboren, verlieren aber mit steigendem Alter an Wärme und kontrahieren. Gälte das auch für HD 209458b, dann sollte er heute die Maße Jupiters besitzen. Dass er so viel größer ist, kann nur bedeuten, dass sich in seinem Innern eine Wärmequelle befindet, die ihn beträchtlich aufheizt. Worum könnte es sich dabei handeln? Möglicherweise hat der Wind des Zentralgestirns eine Menge Energie in das Innere des Planeten getragen. Konvektionsprozesse könnten diese Energie dann in Richtung Planetenzentrum befördert haben. Wenn dem so wäre – warum haben wir einen ähnlichen Vorgang nicht auch bei den anderen bekannten Exoplaneten beobachtet?

Wahrscheinlicher ist, dass es sich bei der Wärmequelle von HD 209458b um Gezeitenreibung handelt. Kreist ein jupiterähnlicher Planet sehr eng um sein Zentralgestirn, dann erzeugt die Schwerkraft des Sterns eine Gezeitenwelle in der planetaren Atmosphäre. Indem die Gravitation des Gestirns über Jahrmillionen hinweg an dieser Welle zieht, zwingt sie den heißen Jupiter auf einen kreisförmigen Orbit. Zugleich zerrt sie an der Rotationsachse des Planeten, sodass diese sich allmählich senkrecht zur Bahnebene ausrichtet. HD 209458b hat wie erwartet eine kreisförmige Umlaufbahn; die Neigung seiner Rotationsachse wurde noch nicht gemessen. Sollte sie bezüglich der >



Die meisten Exoplaneten entdecken die Astronomen nach wie vor mit Hilfe der Dopplerverschiebung im Licht des jeweiligen Zentralsterns. Dieser und sein Planet bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Je schwerer der Trabant ist und je enger er um seine Sonne kreist, umso deutlicher bringt er sie zum Torkeln.

Fern und frostig



STSCI, GREG BACON

Der leichteste bisher entdeckte Exoplanet wiegt 5,5-mal so viel wie die Erde. Er trägt die Bezeichnung OGLE-2005-BLG-390Lb und ist 22 000 Lichtjahre von uns entfernt. Dort umkreist er seinen Zentralstern in einem Abstand von etwa 390 Millionen Kilometern. Seine Entdeckung gab das Fachmagazin »Nature« am 26. Januar bekannt. OGLE-2005-BLG-390Lb ist unter allen nachgewiesenen Exoplaneten erst der dritte, der mit Hilfe des Gravitationslinseneffekts entdeckt wurde.

Wenn ein Vordergrundstern von uns aus gesehen vor einem Hintergrundstern vorüberzieht, krümmt seine Schwerkraft – entsprechend der Allgemeinen Relativitätstheorie – dessen Lichtstrahlen und fokussiert sie auf uns. Infolgedessen erhalten wir kurzfristig mehr Licht vom Hintergrundstern, er erscheint uns heller. Seine Lichtkurve folgt dabei einem exakt vorhersagbaren Verlauf.

Besitzt der Vordergrundstern einen planetaren Begleiter, kann dieser zum Gravitationslinseneffekt beitragen. Während der Vordergrundstern und sein Planet vorbeiziehen, sind sie manchmal einige Stunden lang so angeordnet, dass sie das Licht des Hintergrundsterns gemeinsam auf uns bündeln. Das äußert sich in einer kleinen Spitze auf dessen Lichtkurve.

Solche Ereignisse kommen selten vor. Höchstens einer von einer Million Sternen wird jeweils von einer Gravitationslinse aufgehellt. Seit Jahren halten Astronomen auf der ganzen Welt danach Ausschau. Dabei hat sich eine Arbeitsteilung zwischen mehreren Forschergruppen gebildet. Das »Ogle-Team« (der Name steht für »Optical Gravitational Lensing Experiment«) untersucht zehn Millionen Sterne etwa zweimal pro Woche auf ihre Helligkeit. Zeigt einer davon eine Änderung, die auf den Vorüberzug einer Gravitationslinse schließen lässt, geht eine Mitteilung an das »Planet-Team«. Dieses misst dann den Verlauf der Lichtkurve bis zu mehrere Male pro Stunde.

Am 11. Juli 2005 registrierte das Ogle-Team das Gravitationslinsen-Ereignis 2005-BLG-390. Dessen intensive Beobachtung enthüllte eine Lichtkurve, die am 31. Juli ihr Maximum erreichte und am 10. August auf ihrer abfallenden Flanke eine verräterische Spitze aufwies. Die Auswertung der Kurve lässt nur eine Erklärung zu: Den Vordergrundstern, der als Gravitationslinse gewirkt hat, begleitet ein 13 000fach leichterer Planet.

Unter Annahme der gängigen galaktischen Modelle ergeben sich für den Vordergrundstern 0,22 Sonnenmassen auf der Hauptreihe. Demnach ist er ein Roter Zwerg. Sein Begleiter besitzt 5,5 Erdmassen und einen Abstand von 2,6 Astronomischen Einheiten oder 390 Millionen Kilometern. In unserem Sonnensystem hieße das, seine Umlaufbahn läge zwischen Mars und Jupiter.

Obwohl der erdähnlichste unter den bisher bekannten Exoplaneten, bietet OGLE-2005-BLG-390b nicht gerade gemütliche Bedingungen. Seine Oberfläche ist in eisigen minus 220 Grad Celsius erstarrt. Der Planet verriet sich durch seine Wirkung als Gravitationslinse.

Wegen der schwachen Leuchtkraft und großen Distanz seines Zentralgestirns erhält OGLE-2005-BLG-390Lb nur ein Tausendstel der Energie, die uns von der Sonne erreicht. Seine geschätzte Oberflächentemperatur beträgt minus 220 Grad Celsius. Vermutlich besteht er aus Eis oder Gestein wie die inneren Planeten unseres Sonnensystems. Auch wenn er der Erde unter den bisher bekannten Exoplaneten am nächsten kommt: Lebensfreundliche Bedingungen scheinen nicht auf ihm zu herrschen.

Die Forscher vermuten, dass es viele Exoplaneten gibt, die eine ähnlich geringe Masse besitzen wie OGLE-2005-BLG-390Lb. Andernfalls wäre es eher unwahrscheinlich, dass bereits der dritte mit der Gravitationslinsen-Methode entdeckte Planet derart leicht ist. **>> Frank Schubert**

Bahnebene gekippt sein, dann würde die Gezeitenwelle während seines 3,5 Erdtage dauernden Umlaufs nord- und südwärts über ihn rollen. Das könnte genügend Wärme erzeugen, um den Planeten aufzuheizen und dadurch seine gewaltige Ausdehnung zu bewirken.

Andere Faktoren wie einstige Wanderbewegungen des Planeten, frühere Einschläge von Asteroiden, Planetoiden und Kometen oder die Existenz zusätzlicher Planeten können für den ungewöhnlichen Zustand von HD 209458b kaum verantwortlich sein. Es liegt wohl an dem spezifischen Wechselspiel zwischen HD 209458b und seinem Zentralstern, dass er der einzige bekannte Planet mit einer derart geringen Dichte ist.

Wenden wir uns nun dem zweiten Exzentriker unter den Exoplaneten zu. Er trägt die Bezeichnung HD 149026b und bereitet den Astronomen immer größeres Kopfzerbrechen. Der Grund: Mit 1,4 Gramm pro Kubikzentimeter ist er so dicht, dass er zu fünfzig bis siebzig Prozent aus schweren Elementen bestehen muss. Mithin unterscheidet sich HD 149026b deutlich von den anderen Transitplaneten, die sich hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium zusammensetzen. Die Astronomen haben sich bislang auf kein Szenario einigen können, wie dieser Planet zu seinem hohen Anteil an schweren Elementen kam. Seine bloße Existenz stellt die gängige Hypothese, nach der alle massereichen Exoplaneten Gasriesen sind, stark in Frage.

Von der Gashülle verschluckt

Die Dichte ist nicht die einzige Eigenschaft, die sich an Transitplaneten bestimmen lässt. Astronomen können auch herausfinden, ob sie Atmosphären besitzen. Zieht ein Exoplanet vor seinem Zentralstern vorüber, dann geht ein Teil von dessen Licht durch die planetare Gashülle. Die chemischen Bestandteile der Atmosphäre verschlucken dabei bestimmte Wellenlängen des Sternlichts, wodurch im stellaren Spektrum einige schwache Absorptionslinien erscheinen. Der Vergleich des Sternspektrums während und außerhalb des Transits erlaubt, etwas über die chemische Zusammensetzung der planetaren Gashülle zu erfahren.

1999 schrieb ich zusammen mit meinem Kollegen Dimitar Sasselow vom Harvard Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) in Cambridge, Massachusetts, einen Artikel, in dem wir die Entdeckung der Gashülle eines heißen Jupiters etwas unbesonnen vorwegnahmen. Wir sagten damals voraus, dass das optische Atmosphärenspektrum eines solchen Planeten von Natrium dominiert sein müsse. Dabei bezogen wir uns auf die mutmaßlichen Temperaturen dort: Bei der typischen Entfernung, die heiße Jupiter von ihren Zentralsternen haben, sind auf ihrer Oberfläche 1000 bis 1500 Grad Kelvin zu erwarten. Unter diesen Bedingungen sollte das Sternlicht in der Atmosphäre hauptsächlich von Wasserdampf, Kohlenmonoxid, Alkalimetallen und Methan absorbiert werden. Von diesen haben aber nur die Alkalimetalle Natrium und Kalium eine starke Absorption im Bereich sichtbarer Wellenlängen.

Gerade einmal zwei Jahre später war es so weit: David Charbonneau (jetzt am CfA), Timothy Brown (National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado) und ihre Kollegen entdeckten erstmals die Atmosphäre eines Exoplaneten. Die Mitteilung machte mich neugierig, denn ich hatte bereits seit mehreren Jahren an Computermodellen von Gashüllen heißer Jupiter gearbeitet und war nun gespannt auf echte Beobachtungen. Mit Hilfe des Weltraumteleskops Hubble wiesen Charbonneau und Brown eindeutig Natrium in der Atmosphäre von HD 209458b nach, wie wir es prophezeit hatten.

Wir fühlten uns also in unseren grundlegenden Annahmen bestätigt. Gleichwohl zeigten die Messungen, dass unsere Modelle zu einfach waren. Die Natrium-Absorptionslinie besaß eine viel schwächere Ausprägung als vorhergesagt. Verantwortlich hierfür könnten heiße Wolken aus Silikatstaub oder flüssigem Eisen sein, die den Blick auf große Teile der Atmosphäre verwehren – so, wie eine Wolkenbank aus der Sicht eines Piloten den Erdboden verschleiert. Darüber hinaus könnten atmosphärische Strömungen, unerwartet kühle Temperaturen, chemische Effekte infolge der UV-Strahlung des Zentralsterns oder schlicht ein niedriger Natriumgehalt ihren Anteil an dem Effekt haben. Wir haben derzeit nicht genügend Informationen, um die schwache Ausprägung der Natriumlinie befriedigend erklären zu können.

Eine europäische Forschergruppe hat kürzlich atomaren Wasserstoff in der Umgebung des Zentralsterns von HD 209458b nachgewiesen. Er ist dort in Form einer riesigen Wolke verteilt. Die UV-Strahlung des Sterns muss einen beträchtlichen Teil des Wasserstoffs in der oberen Planetenatmosphäre aufheizen und ihn dazu bewegen, ins All zu entweichen, um dort eine gewaltige »Exosphäre« zu bilden. Unklar ist, ob der Planet auf diesem Weg einen großen Teil seiner Masse verloren hat. Die Beobachtungen zeigen, dass die Exosphäre neben Wasserstoff auch Kohlenstoff und Sauerstoff enthält.

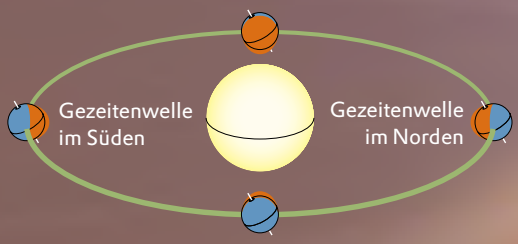
Hinter dem Gestirn

Die obere Atmosphärenschicht umgibt den Planeten lediglich als dünne Hülle, was die Untersuchungen deutlich erschwert. Die Helligkeit des Sterns liegt zehntausendfach über jener der planetaren Gashülle! Nur Weltraumteleskope sind präzise genug, um den niedrigen Signalanteil der Planetenatmosphäre überhaupt messen zu können. Das Instrument »Space Telescope Imaging Spectograph« an Bord des Weltraumteleskops Hubble war dazu in der Lage, fiel jedoch leider im Jahr 2004 aus. Seither benötigen die Astronomen ein neues Gerät mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit.

Im März 2005 entdeckte mein Team unter Benutzung des Weltraumteleskops Spitzer Wärmestrahlung, die von HD 209458b direkt ausgestrahlt worden war. Die Arbeiten leitete Drake Demming vom Goddard Space Flight Center der Nasa. Zeitgleich gelang es einer anderen Gruppe um David Charbonneau, mit Spitzers Hilfe die Wärmeemission des Transitplaneten TrES-1 einzufangen. Solche Entdeckungen werden dadurch ermöglicht, dass Transitplaneten nicht nur von Zeit zu Zeit vor ihrem Zentralstern vorüberziehen, während sie um ihn kreisen, sondern genauso oft auch hinter ihn tauchen.

Sowohl unser Team als auch Charbonneaus Arbeitsgruppe nutzt eine solche »sekundäre Finsternis«, um die Strahlung des Planeten indirekt zu bestimmen. Dies gelang, indem wir die Leuchtkraft des Sterns allein (während einer sekundären Finsternis) von der kombinierten Leuchtkraft des Sterns und des Planeten (außerhalb einer sekundären Finsternis sowie außerhalb eines Transitereignisses) abzogen. Was bei dieser Rechenoperation übrig bleibt, muss die Leuchtkraft des Planeten sein.

nicht maßstabsgerecht



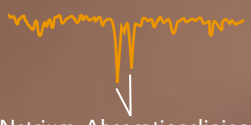
Gezeitenreibung Der Zentralstern verursacht eine Flutwelle auf seinem planetaren Begleiter. Wenn die Rotationsachse des Planeten bezüglich seiner Bahnebene gekippt ist, dann rollt die Welle nord- beziehungsweise südwärts über den Planeten, während er um den Stern kreist. Das führt zu einer inneren Erwärmung. Der Planet kann sich dabei stark aufheizen, sodass er sich gewaltig aufbläht und seine Dichte sehr niedrige Werte annimmt.

Transitplanet HD 209458b

Exosphäre Astronomen haben in der Umgebung des Exoplaneten HD 209458b atomaren Wasserstoff entdeckt. Das Gas bildet dort eine gigantische Wolke.

Mit dem Weltraumteleskop Spitzer konnten die Astronomen wertvolle Informationen über den Planeten HD 209458b gewinnen. Sie beobachteten den Stern, als sein Planet neben ihm stand, und ermittelten die Wärmestrahlung von beiden zusammengenommen. Anschließend beobachteten sie den Stern, als sein Planet hinter ihm stand (sekundäre Finsternis), und ermittelten die Wärmestrahlung des Sterns allein. Zieht man den letzten Wert vom ersten ab, bekommt man die Wärmestrahlung des Planeten. Sie verrät einiges über dessen Temperatur und Atmosphäre.

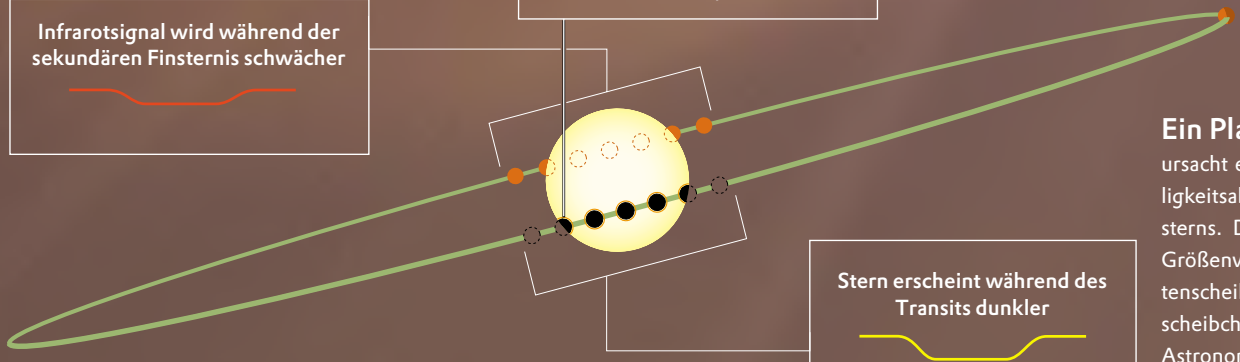
Atmosphärenspektrum



Natrium-Absorptionslinien

Wenn ein Planet vor seinem Stern vorüberzieht, geht ein winziger Teil des Sternlichts durch die obere Atmosphäre des Planeten. Dort befindliche Stoffe verschlucken spezifische Wellenlängen dieses Lichts und hinterlassen charakteristische Absorptionslinien im Spektrum.

Infrarotsignal wird während der sekundären Finsternis schwächer

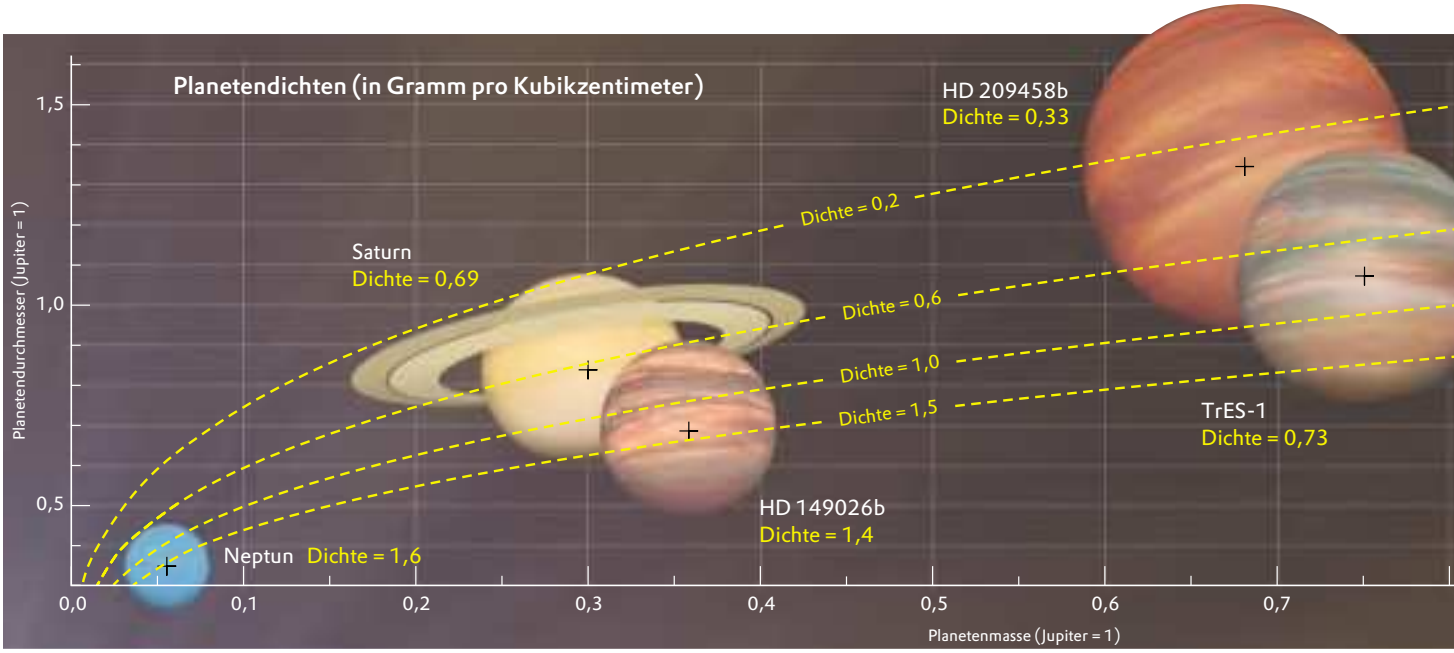


Stern erscheint während des Transits dunkler

Ein Planetentransit verursacht eine geringfügige Helligkeitsabnahme des Zentralsterns. Der Effekt hängt vom Größenverhältnis des Planetenscheibchens zum Sternscheibchen ab. Das erlaubt den Astronomen, die Größe des Planeten zu ermitteln.

Die Größen des Sterns, des Planeten und des Orbits sind maßstabsgerecht.

S&T, CASEY REED



Der Vergleich verschiedener Exoplaneten mit Wandelsternen unseres Sonnensystems zeigt, dass sie sich zum Teil stark voneinander unterscheiden. Eine Sonderstellung nimmt HD 209458b ein, der angesichts seiner Größe verblüffend leicht ist. Kein anderer bekannter Planet besitzt eine so geringe Dichte wie er.

> Diese Methode hat zwei Vorteile. Zum einen gibt die gesamte Oberfläche des Planeten Infrarotstrahlung ab, während die Absorption der planetaren Gashülle, die man bei der Transittechnik misst, nur von einer dünnen Atmosphärenschicht verursacht wird. Zum anderen strahlen heiße Jupiter im Infrarot mit »lediglich« tausendfach geringerer Intensität als ihr Zentralstern – sie sind hier also nicht so stark überstrahlt wie bei sichtbaren Wellenlängen, wo die Leuchtkraft des Zentralgestirns zehntausendfach über der des planetaren Begleiters liegt.

Manche haben's heiß

Die Messungen Spitzers ergaben für die Oberflächentemperaturen von HD 209458b und TrES-1 Werte von 1130 Kelvin beziehungsweise 1060 Kelvin. Das liegt im erwarteten Temperaturbereich und bestätigt die Annahme, dass die Atmosphären heißer Jupiter von ihren jeweiligen Zentralsternen aufgeheizt werden. Viel mehr können wir momentan nicht dazu sagen, weil wir nur wenige Daten haben. Wir sind auf die Ergebnisse künftiger Messungen gespannt. Die kürzliche Entdeckung eines heißen Transitplaneten, der um den Stern HD 189733 kreist, verschafft uns eine weitere hervorragende Möglichkeit, die Atmosphären ferner Exoplaneten mit Hilfe sekundärer Finsternisereignisse zu untersuchen.

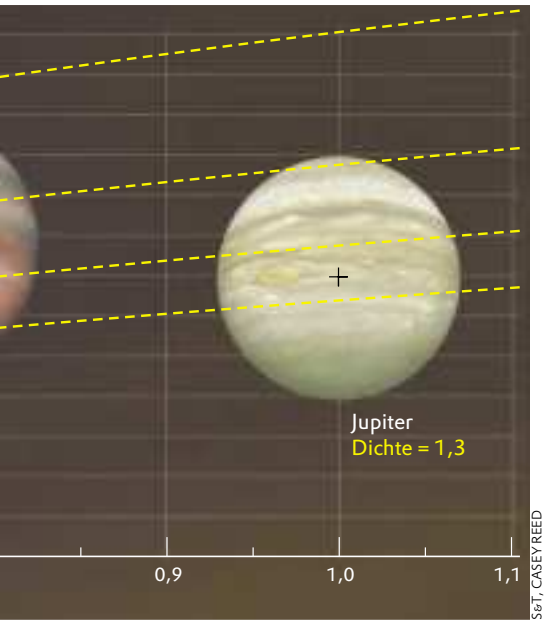
Für die nahe Zukunft erwarten wir zahlreiche Messdaten zum Exoplaneten HD 209458b, die es uns erstmals erlauben sollten, seine Gashülle detailliert zu beschreiben. Die wissenschaftlichen Instrumente an Bord von Spitzer können eine Vielzahl chemischer Substanzen auf ihm nachweisen – darunter Wasserdampf, Kohlenmonoxid und Methan – sowie seine Durchschnittstemperatur messen. Zusätzlich hat das kleine kanadische Weltraumteleskop Most (Microvariability and Oscillations of Stars) den Planeten im Bereich des sichtbaren Lichts beobachtet, wobei es sich sekundäre Finsternisse zu Nutze machte, um das von ihm reflektierte Licht zu messen. Die Ergebnisse werden uns etwas über seine Wolkenbedeckung verraten. Auch Hubble leistet nützliche Dienste: Brown und seine Forscherkollegen analysieren derzeit Spektren, die es vor einigen Jahren aufnahm und aus denen sich auf die Konzentration des Wasserdampfs in der Atmosphäre von HD 209458b schließen lässt.

In der nächsten Zeit soll Spitzer sieben heiße Jupiter untersuchen, die nicht zur Transitklasse gehören. Das Ziel ist, die Helligkeitsschwankungen dieser Exoplaneten während des Umlaufs um ihre Sonnen zu messen. Heiße Jupiter sollten gravitativ an ihre Zentralsterne gekoppelt sein, sie sollten ihnen also immer dieselbe Seite zuwenden – so, wie es unser Mond der Erde gegenüber tut. Mit anderen Worten: Auf ihrer einen Hälfte ist es immer Tag, auf der anderen immer Nacht. Das hat extreme Temperaturunterschiede und sehr starke Winde (vermutlich mit Geschwindigkeiten nahe der Schallgeschwindigkeit) zur Folge, die die Wärme von der Tag- zur Nachtseite transportieren. Eine Untersuchung der orbitalen Helligkeitsschwankungen könnte den Astronomen verstehen helfen, wie sich die absorbierte Strahlungsenergie auf dem Planeten verteilt.

Die Jagd hat erst begonnen

In den kommenden Jahren könnten Himmelsdurchmusterungen irdischer Großteleskope auf Dutzende weitere Transitplaneten stoßen. Das flugzeuggestützte 2,5-Meter-Teleskop Sofia soll diese Transitplaneten von den oberen Schichten der Erdatmosphäre aus untersuchen. Sofia wird seinen wissenschaftlichen Betrieb voraussichtlich in knapp zwei Jahren aufnehmen, vorausgesetzt, die Nasa stellt weiterhin die erforderlichen finanziellen Mittel bereit.

Weitere Projekte stehen vor dem Start, darunter sind der europäische Satellit Corot, der 2006 abheben soll, sowie der Nasa-Satellit Kepler mit dem geplanten Starttermin im Jahr 2008. Beide sollen nach kleinen Transitplaneten suchen, denn nur Weltraumteleskope sind präzise genug, um solche Objekte aufzuspüren. Kepler wird neben jupiter- und neptunähnlichen Objekten sogar Exoplaneten von der Größe der Erde entdecken können. Dichtemessungen an den größeren und massereicheren Exoplaneten sollten es uns ermöglichen, ihre grobe



S&T, CASEY REED

Zusammensetzung und Entstehungsgeschichte zu untersuchen.

Im Jahr 2014 steht schließlich der Start des Weltraumteleskops James Webb (JWST) auf dem Programm. Es soll Transitplaneten in der gleichen Art und Weise untersuchen, wie das schon Hubble und Spitzer tun – freilich mit wesentlich höherer Leistungsfähigkeit. Jupiterähnliche Planeten, die in großer Entfernung um ihre Zentralgestirne kreisen, interessieren uns dabei besonders, weil wir sie mit den Gasriesen in unserem eigenen Sonnensystem vergleichen wollen.

Welten aus Wasser oder Edelstein

Das JWST sollte auch Wärmeemissionen von heißen Neptunen und vielleicht sogar heißen Erden registrieren können. Bis die Astronomen in der Lage sind, das Licht ferner Sterne ausreichend abzublenden, um direkte Fotos ihrer Exoplaneten zu erhalten, ist es allerdings noch ein weiter Weg. Vermutlich wird es erst in zirka fünfzehn Jahren so weit sein.

Jahrtausendelang haben sich die Menschen gefragt, ob sie im All allein sind. Bereits 350 v. Chr. dachte der griechische Philosoph Epikur über ferne Welten nach, die genauso oder anders beschaffen sein könnten wie unser Heimatplanet. Es wird noch wenigstens ein Jahrzehnt dauern – bis zum Start des Terrestrial Planet Finders der Nasa und der europäischen Sonde Darwin – bis wir erdähnliche Welten aufspüren und direkt untersuchen können (siehe auch AH 11/2004, S. 16 und AH 12/2004, S. 16). Die kürzlichen Entdeckungen haben uns aber bereits gezeigt, wie sehr sich Exoplaneten zuweilen von den vertrauten Himmelskörpern in unserem Sonnensystem unterscheiden. Wir werden künftig aller Voraussicht nach auf noch mehr ungewöhnliche Welten stoßen – darunter solche, die zur Hälfte aus flüssigem Wasser bestehen, oder solche, die eine Hülle aus purem Diamant besitzen. Schon jetzt ist klar, dass die Natur wesentlich kreativer ist, als unsere talentiertesten Köpfe es je sein könnten. <<

Sara Seager ist Astrophysikerin an der Carnegie Institution of Washington, die sich auf die Exoplanetenforschung spezialisiert hat.

Literatur zum Thema gibt es auch in STERNE UND WELTRAUM: Heft 1/2006, S. 22 • Heft 2/2006, S. 32 • Spezialheft 1/2004 »Planetensysteme«

Der Beitrag der Amateure

Ron Bissinger ist ein kalifornischer Hobbyastronom. Er hat die Transits von vier Exoplaneten beobachtet.

Wenn ein heißer Jupiter vor einem sonnenähnlichen Stern vorüberzieht, vermindert er dessen Helligkeit um ungefähr ein Prozent. Erfahrende Astroamateure können das mit Teleskopen, CCD-Kameras und spezialisierter Software messen. Bis heute zeichneten Amateure die Transits von vier Exoplaneten auf: HD 209458b, TrES-1, HD 149026b und HD 189733b. Es handelte sich dabei um die Bestätigung professioneller Entdeckungen.

Könnten die Amateure vielleicht irgendwann auch selbst Transitplaneten entdecken? Ich glaube schon. Drei von vier heute bekannten Transitplaneten wurden zunächst mit Hilfe der Dopplerverschiebung im Licht ihrer Zentralsterne aufgespürt. Erst später wiesen professionelle Astronomen nach, dass sie von uns aus gesehen vor ihren Heimatsternen vorüberziehen.

Inzwischen hat sich bei vielen Forschergruppen eine fruchtbare Zusammenarbeit herausgebildet: Sobald die einen bei einem fernen Gestirn eine Dopplerverschiebung feststellen, die mit einer Periode von weniger als zehn Tagen schwankt, machen sich die anderen sofort an die Beobachtung des Gestirns, um möglichen Transits auf die Schliche zu kommen. Bei Dopplerverschiebungen mit Perioden zwischen zehn und zweihundert Tagen verkünden die Teams ihre Entdeckung für gewöhnlich, bevor die Suche nach eventuellen Transitereignissen abgeschlossen ist. Hier liegt die Chance für kompetente, gut ausgerüstete Amateurastronomen.

Tim Castellano vom Ames Research Center der Nasa und ich haben das Netzwerk »Transitsearch.org« aus der Taufe gehoben, um Amateure auf mögliche Vorübergänge aufmerksam zu machen. Darin führen wir Beobachtungsberichte und umfangreiche Listen vermuteter Transitereignisse auf.

Für einen beliebigen Stern beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass er von einem Transitplaneten umkreist wird, gewöhnlich ein bis zwei Prozent. Doch der Aufwand, den man für dessen Entdeckung treiben muss, ist sehr hoch. Während der drei Jahre seit der Gründung unseres Netzwerks hatten wir diesbezüglich keinen Erfolg. Aber immerhin konnten wir zeigen, dass die planetaren Begleiter der Sterne Gliese 876, HD 68988, HD 80606, HD 37605, HD 74156 und HD 168746 nicht vor ihren Zentralgestirnen

RON BISSINGER

vorüberziehen. Indem wir die Zahl unserer Beobachtungsobjekte erhöhen, steigt auch die Chance auf einen Fund. Überdies haben wir gelernt, zahlreiche Fehlerquellen zu erkennen. Daher bin ich ziemlich optimistisch und glaube, dass unsere Suche innerhalb der nächsten zwei Jahre von Erfolg gekrönt sein wird. <<

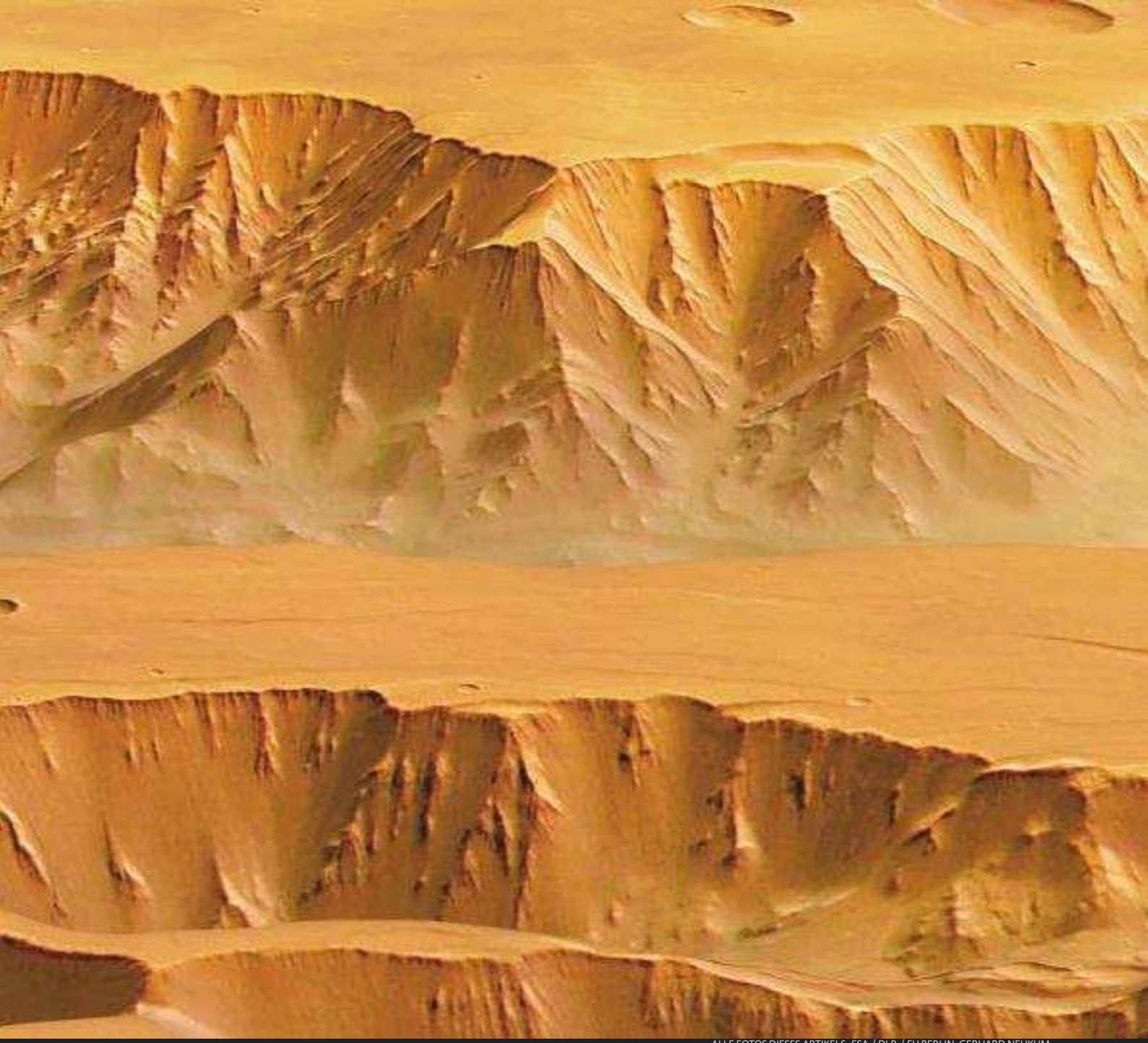
Gregory Laughlin arbeitet als Astrophysiker an der University of California, Santa Cruz.

Coprates Chasma ist ein kleiner Teil der Valles Marineris, die sich fast 5000 Kilometer südlich des Äquators erstrecken. Hier ist das Tal ungefähr hundert Meter breit. In dieser Darstellung erscheint die Landschaft rund vierfach überhöht.

Europas Logenplatz am Mars

Durch die Stereokamera an Bord von Mars Express sehen wir unseren Nachbarn mit neuen Augen.

>> Robert Naeye



ALLE FOTOS DIESES ARTIKELS: ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

Während die beiden Rover Spirit und Opportunity im Scheinwerferlicht der Medien stehen, verrichten weit über ihnen drei Arbeitspferde beinahe unbemerkt ihr Tagwerk. Den Nasa-Sonden Mars Global Surveyor und Mars Odyssey sowie dem Esa-Raumschiff Mars Express ist meist wenig Aufmerksamkeit vergönnt.

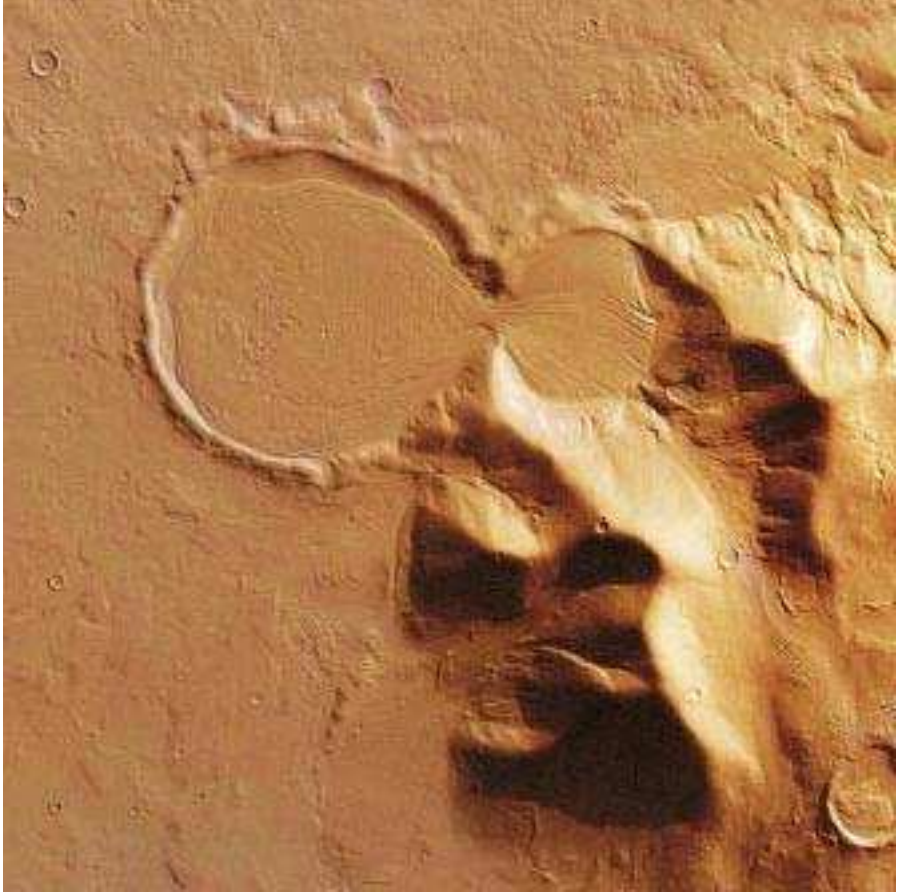
Dafür stehen sie bei den Forschern hoch im Kurs. Mars Express etwa ist die erste rein europäische Sonde bei einem anderen Planeten. Gemeinsam mit dem Titan-Lander Huygens markiert er Europas Debut in der Planetenforschung.

Mars Express schwenkte Weihnachten 2003 in seinen Orbit um den Roten Planeten und begann einen Monat später mit der Datensammlung. Während sein kleiner Lander Beagle 2 zerschellte (AH 3/2006, S. 12), wurde das Mutterschiff Europas ganzer Stolz.

An Bord befinden sich sechs Instrumente, darunter das Infrarotspektrometer Omega, das erstmals die in Wasser entstandenen Mineralien kartierte, das Planetary Fourier Spectrometer (PFS), welches in der Atmosphäre Spuren von Methan entdeckte, und Marsis, ein Radargerät zur Durchleuchtung des Bodens, das im Mai und Juni 2005 nach einigen technischen Schwierigkeiten schließlich doch noch in Betrieb genommen werden konnte. Die Forscher hoffen, damit unter der Oberfläche Wassereis zu finden.

Doch der Star an Bord von Mars Express ist die hochauflösende Stereokamera (High Resolution Stereo Camera, HRSC), deren gestochen scharfe Farbaufnahmen alle bisherigen Bilder in den Schatten stellen.

Der Weg dahin war indes steinig. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hatte bereits eine ähnliche Kamera für die glücklose russische Mars-96-Mission konstruiert – >



Die Kraterhänge waren einst von Gletschern bedeckt. Diese wälzten sich in das Innere der Krater und hinterließen dabei typische Spuren. Das HRSC-Bild zeigt den Nordostrand des Hellasbeckens bei 38 Grad südlicher Breite und 104 Grad östlicher Länge. Der größere Krater hat einen Durchmesser von ungefähr 17 Kilometern.

> die Rakete stürzte kurz nach dem Abheben im November 1996 in den Pazifik. Doch Gerhard Neukum, Teamleiter und Konstrukteur der Kamera, ließ sich von dem Misserfolg nicht entmutigen. Zusammen mit dem DLR und mehreren Industriepartnern bauten die Forscher um Neukum, der an der Freien Universität Berlin lehrt, ein Reservemodell so um, dass es anschließend mit Mars Express an den Start gehen konnte (AH 4/2004, S. 16).

Beinahe naturgetreu

Die HRSC besticht vor allem durch drei Eigenschaften: Ihre Fotos haben eine hohe Auflösung, sie sind farbig – und sie sind stereografisch. Daraus lassen sich also dreidimensionale Bilder erstellen. Die Kamera fotografiert zehn Streifen von je 52 bis 62 Kilometer Breite und bis zu mehreren tausend Kilometer Länge, wobei der Hauptkanal – der Nadir – senkrecht nach unten gerichtet ist.

Wenn sich der Orbiter dem Roten Planeten bis auf 250 Kilometer nähert, ist im Hauptkanal eine Auflösung von zehn Metern pro Pixel möglich. »HRSC füllt eine Lücke, die seit den Tagen des Viking-Orbiters offen steht«, sagt Raymond Arvidson von der Washington University in St. Louis in Missouri.

Zwar ist die Auflösung nicht ganz so hoch wie die der Kamera an Bord des Mars Global Surveyor, doch die HRSC-Bilder decken einen wesentlich größeren Bereich der Marsoberfläche ab.

Ihre Eigenschaften erlauben zudem atemberaubend realistische Ansichten. So verschaffen sie Wissenschaftlern und Laien gleichermaßen den Eindruck, den Mars als virtuelle Astronauten aus nächster Nähe zu betrachten. »Keine Kamera kann genau das abbilden, was das menschliche Auge sähe – aber die HRSC-Kamera kommt dem sehr nahe«, urteilt Teammitglied David Williams von der Arizona State University in Tempe.

Da die Bilder durch Blau-, Grün-, Rot- und Nah-Infrarotfilter die Farben beinahe naturgetreu wiedergeben, helfen sie den Wissenschaftlern bei der Interpretation geologischer Formationen. Insbesondere bei den geschichteten Ablagerungen in den Valles Marineris ist das von Bedeutung (siehe Bild S. 26/27), aber auch bei Wolken, polaren Regionen und Gegenden, die durch Wind und Staub ständig ihr Aussehen verändern.

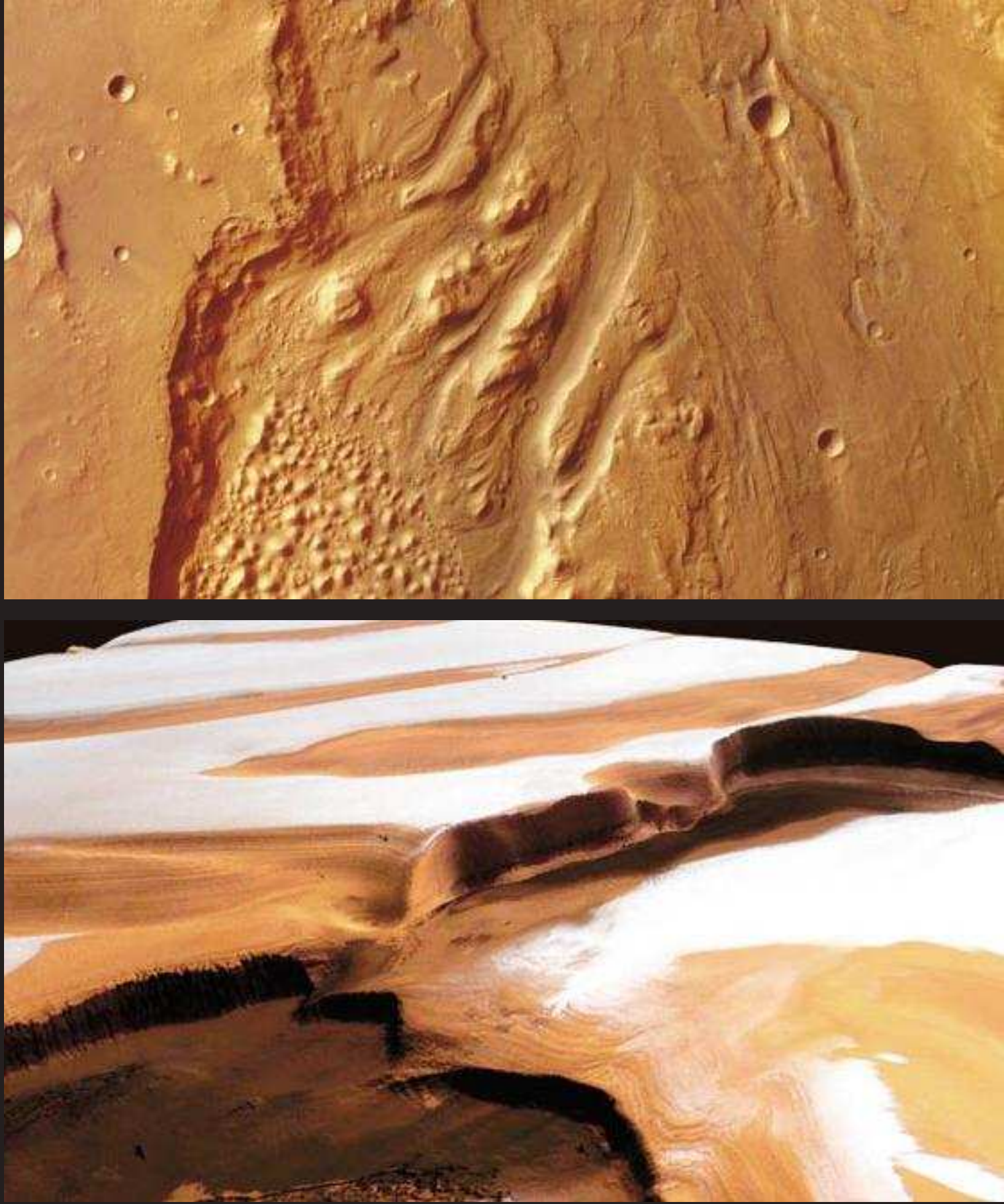
Noch wichtiger: Mit Hilfe der Stereokanäle wird die Oberfläche des Planeten aus verschiedenen Winkeln aufgenommen – nach vorne, hinten und lotrecht abwärts. Am Computer können die Kanäle kombiniert werden und liefern auf diese Weise dreidimensionale Darstellungen der Landschaft.

Es werden Jahre vergehen, bis die mittlerweile bereits 700 Gigabyte umfassenden HRSC-Daten ausgewertet sind. Schon jetzt erlauben sie neue Einblicke in die jüngere Vergangenheit des Roten Planeten. So zeigte sich, dass die riesigen Schildvulkane in der Tharsisregion erstaunlich wenig Krater aufweisen – woraus Neukum und seine Kollegen schließen, dass sie vor wenigen Millionen Jahren erloschen sind. Aus geologischer Sicht war dies erst gestern.

Wie es scheint, hat sich der Planet eine innere Hitze bewahrt, die die Vulkane noch immer ab und zu aktiv werden lässt. Einige Millionen Jahre würde diese Phase andauern, bis für eine ebenso lange Zeit wieder Ruhe einkehrt. »Der Mars ist mit der Erde nicht ohne Weiteres vergleichbar«, sagt Neukum. »Er ist schwierig zu verstehen, weil wir über sein Inneres nicht viel wissen.«

Eisiger Mars

In den mittleren und äquatorialen Breiten hat HRSC auch die Ablagerungen von Gletschern fotografiert, darunter solche an den Flanken der riesigen Tharsisvulkane. Sie bestätigen die lange gehegte Vermutung, dass der Mars auch vom Eis geprägt wurde. »Der Großteil dieser Vorgänge hat in den letzten paar Dutzend Jahrmillionen stattgefunden, was geologisch unter jüngste Vergangenheit >



Die Region von Iani Chaos und Ares Vallis (oben): Die buckelige Gegend bildete sich vermutlich, weil unterirdisches Eis schmolz. Als der Boden darüber einstürzte, ergoss sich ein reißender Fluss, der nach Nordosten floss. Auf der nördlichen Polkappe (unten) sind unten links dunkle Dünen zu sehen. Hier hat der Wind Vulkanasche zusammengeweht. Deutlich sind auch die Sedimentschichten zu erkennen. Die Hänge erreichen zwei Kilometer Höhe und erscheinen in dieser Darstellung vierfach überhöht.

Erstarrte Lava oder Packeis? Dieses HRSC-Bild einer Fläche im Elysium Planitia nahe dem Marsäquator entfachte unter den Wissenschaftlern hitzige Debatten. Manche sehen hier die Schollen eines gefrorenen Meers. Andere sind hingegen überzeugt, hier seien einst Lavaströme erstarrt. Die geringe Zahl der Meteoritenkrater lässt darauf schließen, dass die Region vor wenigen Millionen Jahren entstand.

> fällt«, erklärt Neukum. Übrigens fanden sich diese Gletschersedimente in genau den hoch gelegenen Regionen entlang dem Äquator, wie es die kürzlich vorgestellten Modelle der atmosphärischen Zirkulation von François Forget am Laboratoire de Météorologie Dynamique in Paris erwarten ließen. Demnach wurden die Gletscher einst von Wolken genährt, die von den Polen hierher zogen.

Wasser oder Lava?

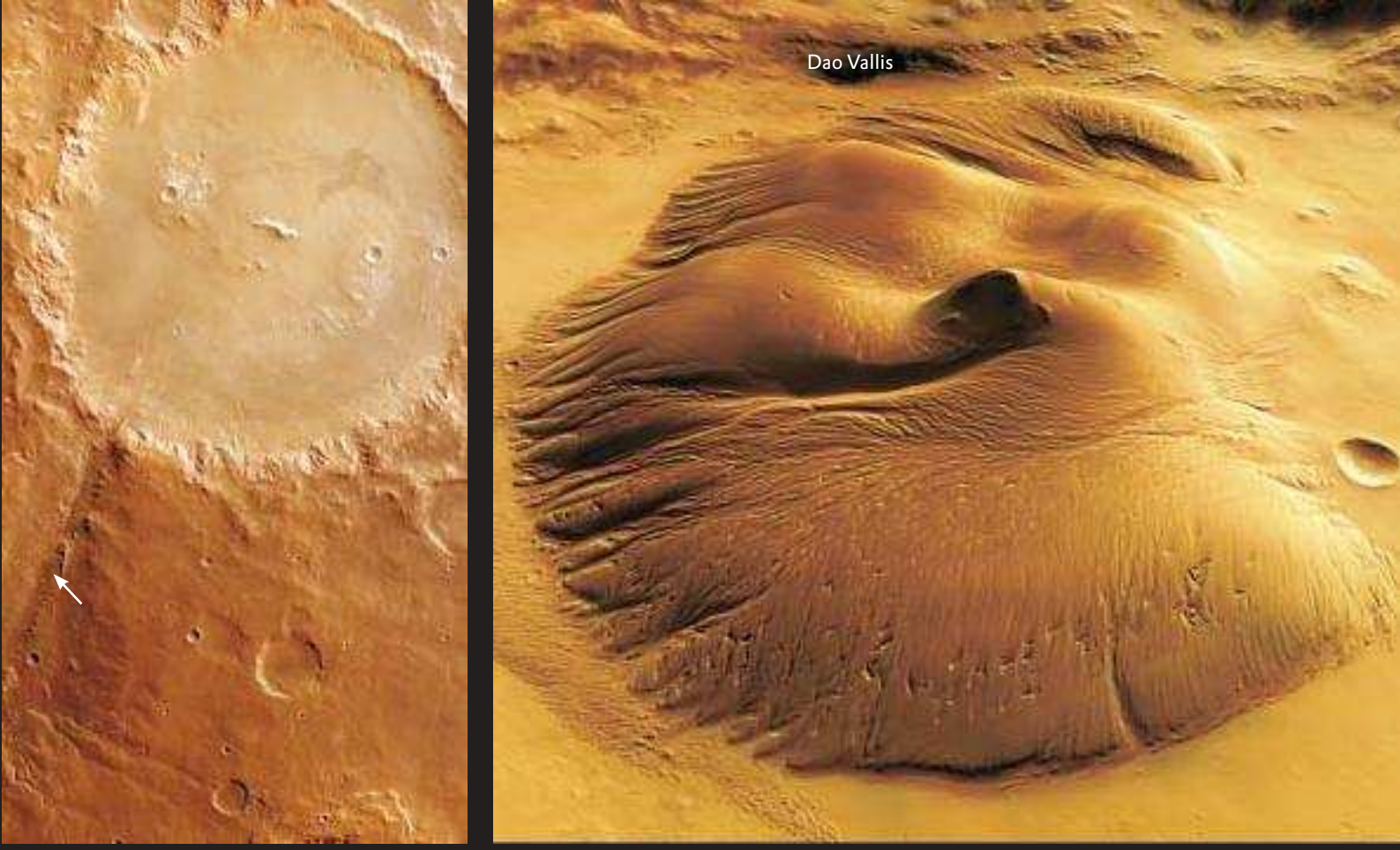
Die Gletscher scheinen sich immer wieder ausgebreitet zu haben, um sich dann erneut zurückzuziehen. Dieser Rhythmus von Kalt- und Warmzeiten könnte – wie im Fall der Erde auch – Folge der mehr oder weniger regelmäßigen Schwankungen von Orbit und Achsneigung des Mars gewesen sein.

Anfang 2005 erhitzte Neukum die Gemüter, als er und seine Kollegen eine Landschaft in Äquatornähe mit schollenähnlichen Strukturen als gefrorenes Meer in der Größe der Nordsee interpretierten. »Einige Wissenschaftler glauben, dass diese Platten entstanden, als junge Lavaflüsse an ihrer Oberfläche erstarrten«, erläutert James W. Head III von der Brown University in Providence, Rhode Island, die Kontroverse. »Andere hingegen gehen von Wasser aus, das aus der Tiefe stammt und an der Oberfläche gefror; dabei seien Packeisschollen entstanden.« (AH 5/2005, S. 12).

Head, der zum HRSC-Team gehört, glaubt, dass beide Szenarien das Beobachtete erklären können. Er verweist auf Bilder, die Spalten und Klüfte zeigen, aus denen sowohl Wasser als auch Magma ausgetreten sein könnte. »Das letzte Wort ist noch nicht gesprochen«, schließt Head salomonisch. »Ich hoffe, dass diese Debatte zu genaueren Untersuchungen führt. Wir sollten unbedingt herausfinden, in welchem Teil der Formation Lava geflossen und wo sie durch strömendes Wasser geprägt ist.«

Einige der interessantesten Ergebnisse der Marsforschung sind der Kombination von Kamera und Spektrometer, von HRSC und Omega, zu verdanken. So konnten die Geologen mit Hilfe der Spektren in bestimmten Strukturen wasserhaltige Mineralien identifizieren. »Es ist wichtig, die geologischen Umstände zu kennen, aus der diese beeindruckenden mineralogischen Signaturen entstehen. HRSC ist da unschlagbar, weil sie uns mit der räumlichen Auflösung versorgt, die Omega fehlt. Zudem liefert die Kamera uns die Informationen über die dreidimensionale Topografie«, schwärmt John F. Mustard von der Brown University. »Wenn wir die beiden Datensätze verbinden, tun sich unglaubliche Möglichkeiten auf. Jetzt können wir uns daranmachen, Stück für Stück die geologische Geschichte dieser Regionen offen zu legen.«

Tatsächlich haben die jüngsten Nasa- und Esa-Missionen der rätselhaften Ge-



Der Holden-Krater hat einen Durchmesser von 150 Kilometern und entstand durch einen Meteoriteneinschlag vor 3,5 Milliarden Jahren (links). Durch das Tal unten links (Pfeil) floss vermutlich einmal Wasser. Rechts ist der zwei Kilometer hohe Schildvulkan Hadriaca Patera zu sehen. Die zerklüfteten Flanken entstanden durch Ströme vulkanischer Asche und Gase. Das Dao Vallis im oberen Teil entstand durch Wasser.

schichte des Roten Planeten viele Geheimnisse entlockt. So zweifelt heute kaum jemand daran, dass der noch junge Mars warm war und von flüssigem Wasser geformt wurde. Die Existenz jener wasserhaltigen Minerale gehört dabei zu den stärksten Indizien. Doch vor dreieinhalb bis vier Milliarden Jahren kühlte der Planet ab und trocknete aus.

»Seither war er nicht viel mehr als ein Gletscherplanet, auf dem Wasser nur als Eis vorkommt«, sagt Mustard. »Gelegentlich fanden noch diese großen Wasserausbrüche statt, bei denen die Ausflusskanäle entstanden. Aber es war so kalt, dass das Wasser bald gefror, verdampfte, sich an den Polen absetzte und Gletscher schuf. In den Marsboden drang es nun nicht mehr ein, weshalb die Bildung wasserhaltiger Minerale ein Ende hatte«, beschreibt der Wissenschaftler die Geschichte der Marsoberfläche.

Die Summe der Erfahrungen mit HRSC und Omega wird als Vorbild dienen, wenn der Mars-Reconnaissance-Orbiter (MRO) der Nasa im März dieses Jahrs sein Ziel erreicht und im Herbst seine Arbeit aufnimmt. Die Planetensonde war Mitte August 2005 gestartet – und hat die Kamera des High Resolution Imaging Science Experiment (HiRise) und das Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars (Crism) im Gepäck. Beide Geräte entsprechen der HRSC beziehungsweise Omega, arbeiten aber mit einer zehnmal höheren räumlichen Auflösung.

Lob aus Amerika

Die Daten von Mars Express werden dem Team des MRO dabei helfen, die Instrumente für eine optimale wissenschaftliche Ausbeute einzurichten. »Mars Express hat mit der kombinierten Fotografie und Spektroskopie eine Bresche geschlagen. Diese mit den MRO-Instrumenten weiter zu verfolgen wird spektakulär«, ist sich Mustard sicher. »Wir können nicht den ganzen Planeten mit einer Auflösung von zwanzig Metern pro Bildpunkt abdecken. Aber dank HRSC und Omega wissen wir, wo es sich lohnt, mit HiRise und Crism genauer hinzuschauen.«

Einst hatten viele amerikanische Wissenschaftler dem Esa-Orbiter nicht viel zugetraut. Mit den Instrumenten würde man die Ergebnisse früherer Nasa-Missionen sicher nicht übertreffen. Bis heute ärgern sich europäische Forscher über diese herablassende Art. Doch die Amerikaner im Team von Mars Express sind voller Lob für ihre Kollegen aus der Alten Welt. »Die europäische Arbeit bei der Erforschung des Mars ist unglaublich«, schwärmt etwa Head. »Die Zusammenarbeit ist großartig und die Instrumente sind erste Klasse.« <<

Robert Naeye ist Redakteur bei Sky & Telescope und Autor mehrerer populärwissenschaftlicher Bücher.

Sonnenfinsternisse –

noch immer wichtig für die Forschung

Beobachtungen früherer Sonnenfinsternisse enthüllten viele Details über unseren Zentralstern. Noch heute hat die Beobachtung von Finsternissen eine große wissenschaftliche Bedeutung. **>> Jay M. Pasachoff**

Totale Sonnenfinsternisse gehören zu den spektakulärsten und beeindruckendsten Naturphänomenen. Im Durchschnitt treten sie alle achtzehn Monate entlang einem schmalen Streifen irgendwo auf der Erdkugel auf. Ihre Dauer beträgt – abhängig davon, wo in dem Streifen sich der Beobachter befindet – zwischen wenigen Bruchteilen einer Sekunde und siebeneinhalb Minuten.

Eine totale Verfinsterung unseres Zentralsterns liefert von der Erde aus den besten Blick auf die Sonnenkorona. Diese extrem heiße, äußere Atmosphäre unserer Sonne gleicht einem geisterhaften Netz aus Schwaden (»plumes«) und Bändern (»streamers«), deren Formen durch Magnetkräfte bestimmt werden. Wissenschaftler interessieren sich hauptsächlich aus vier Gründen für die Korona. Erstens lässt sich aus deren Erforschung viel über die Funktionsweise der Sonne ableiten. Sämtliche Energie, die unser Zentralgestirn abstrahlt, muss die Korona durchlaufen. Warum ihre Temperatur mehrere Millionen Grad Celsius beträgt, ist bis heute ungeklärt. Derzeit hält man den Energietransport über magnetische Felder für die wahrscheinlichste Ursache.

Zweitens können wir durch die Untersuchung der Korona viel über die Bedingungen im erdnahen Weltraum lernen. Ihre äußeren Schichten gehen nahtlos in den interplanetaren Raum über, und zwar in Form des Sonnenwinds, eines Stroms aus geladenen Teilchen, der das gesamte Sonnensystem durchzieht.

Auf ferne Gestirne schließen

Heftige Ausbrüche auf der Sonne, beispielsweise Sonnenfackeln und koronale Massenauswürfe, können Polarlichter auslösen, den Funkverkehr beeinträchtigen sowie Stromnetze und Erdsatelliten stören. Veränderungen der Sonnenstrahlung wirken sich auch auf das irdische Wetter und Klima aus.

Drittens ist unsere Sonne ein recht durchschnittlicher gelber Zwergstern. Wenn wir sie untersuchen, erhalten wir Informationen, die sich auf andere Sterne übertragen lassen. Röntgensatelliten, allen voran »Chandra«, haben auch um andere sonnenähnliche Sterne Koronen nachgewiesen. Erforschen wir die äußere Sonnenatmosphäre im Detail, dann lernen wir gleichzeitg etwas über die Umgebung anderer Sterne.

Viertens und letztens bietet die Sonne als physikalisches Labor Bedingungen, die wir in absehbarer Zukunft auf der Erde nicht verwirklichen können. Ein Beispiel ist die geringe Dichte der Korona: Sie würde in jedem irdischen Labor als traumhaftes Vakuum gelten.

Die Korona ist ein heißes Plasma, also ein ionisiertes, elektrisch leitendes Gas. Das Magnetfeld der Sonne formt es im Bereich des Sonnenäquators zu schönen, ausgedehnten Bändern und nahe den Sonnenpolen zu zarten Büscheln, die während einer Finsternis gut zu sehen sind. Mit dem Verhalten heißer Plasmen in Magnetfeldern befasst sich die Magnetohydrodynamik, eine verzwickte Disziplin. Viele Vorgänge im Universum, die den Gesetzen der Magnetohydrodynamik unterliegen, lassen sich nur >

J. PASACHOFF, W. CARLOS

An die Pracht einer totalen Sonnenfinsternis reicht kein anderes Naturschauspiel heran. Sie bietet uns den besten, wenn auch nur flüchtigen Blick auf die geisterhafte äußere Atmosphäre unseres Zentralsterns, die Korona.

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Wissen aus erster Hand

Jetzt abonnieren oder verschenken!

Bei uns finden Sie das Wissen der Experten: kompetent, authentisch, verständlich.

Preisvorteil: Als Abonnent von ASTRONOMIE HEUTE erhalten Sie alle zehn Ausgaben pro Jahr zum Vorzugspreis von nur € 56,- (ermäßigter Preis auf Nachweis: € 50,-) inkl. Umsatzsteuer und Porto Inland geliefert. Bei Versand ins Ausland werden die Mehrkosten berechnet.

Zusätzlich erhalten Abonnenten kostenlosen Zugang zu unserem Online-Archiv mit über 1000 bereits in ASTRONOMIE HEUTE erschienenen Artikeln.

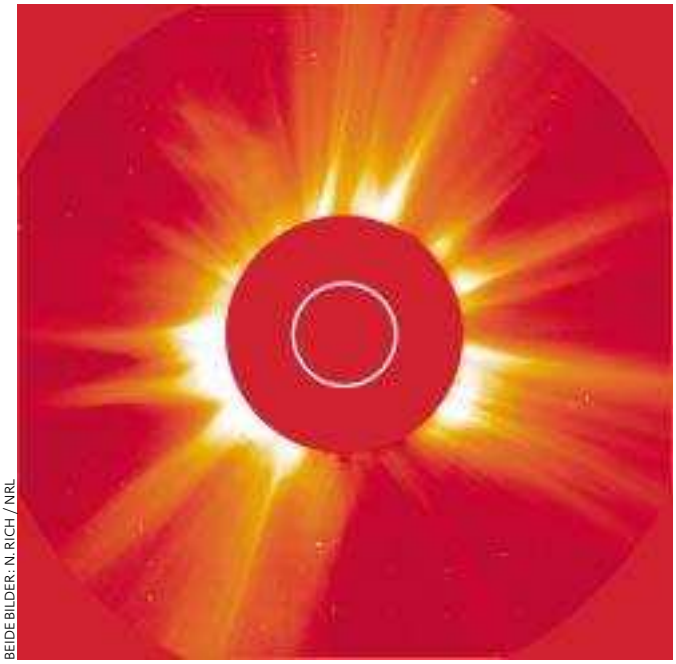
Natürlich können Sie auch ein ASTRONOMIE HEUTE-Abo verschenken, als Extraservice erhält der Beschenkte das erste Heft mit einer Grußkarte in Ihrem Namen.

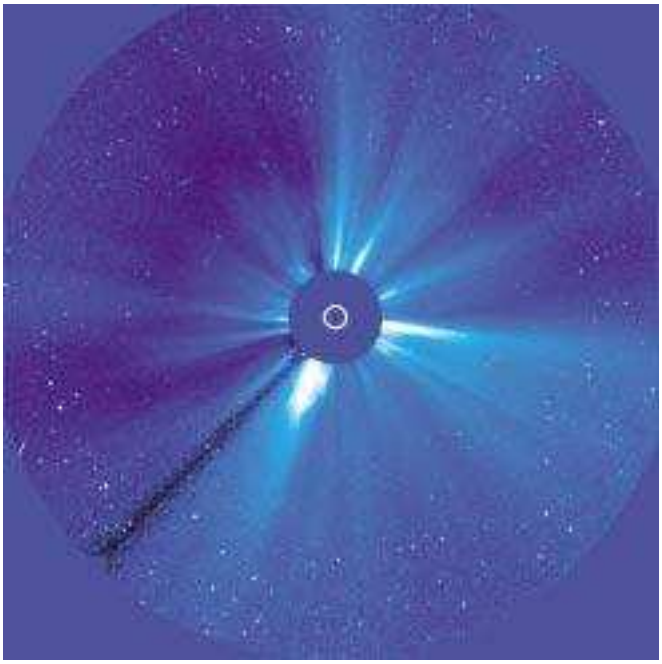
Als Dankeschön für Ihre Bestellung schenken wir Ihnen wahlweise die drehbare Sternkarte oder den Bildband »Wunder des Weltalls«.

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie auf dem Beihefter oder unter:

www.astronomie-heute.de/abo

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstr. 3–5 | D-69126 Heidelberg | Leserservice | Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751 | marketing@spektrum.com





BEIDE BILDER: N. RICH / NRL

Beeindruckende koronale Streifen zeigen diese Falschfarbenbilder, die der Satellit »Soho« mit seiner C2- und C3-Kamera eingefangen hat. Beide überwachen die Korona im sichtbaren Licht. Hier gezeigt sind Aufnahmen der Finsternis von 1999 (C2: links, C3: rechts). Die dunklen Scheiben in der Mitte sind Blenden zur Abdeckung der Sonne. Weiße Kreise darin deuten die Größe und die Position unseres Zentralsterns an.

> schwer mit Computern modellieren, geschweige denn im Labor nachstellen. Es besteht aber ein großes Interesse daran, sie zu verstehen – insbesondere bei Plasmaphysikern, die in der Fusionsforschung arbeiten. Das Wissen um magnetohydrodynamische Prozesse könnte eines Tages unsere irdischen Kraftwerke revolutionieren.

Kurz: Die Sonnenkorona ist so wichtig, dass man jede Gelegenheit nutzen sollte, sie zu untersuchen.

Observatorien im All

Warum sind natürliche Finsternisse immer noch wichtig für die Wissenschaft? Mittlerweile verfügen die Forscher doch über moderne, weltraumgestützte Sonnenteleskope, etwa den japanischen Röntgensatelliten »Yokkoh«, den europäisch-amerikanischen Satelliten »Soho« (Solar and Heliospheric Observatory) oder den Nasa-Satelliten »Trace« (Transition Region and Coronal Explorer). Sie überwachen unseren Zentralstern kontinuierlich, auch bei jenen Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums, die die Erdatmosphäre verschluckt – zum Beispiel kurzwelliges Ultraviolett- oder Röntgenlicht. Keiner dieser Satelliten benötigt eine Finsternis, um die Korona zu beobachten: Sie tun dies rund um die Uhr.

Das Beobachtungsinstrument »Lasco« (Large Angle and Spectrometric Coronograph) an Bord des Soho-Observatoriums zum Beispiel besteht aus drei separaten Kameras, von denen jede eine lichtundurchlässige Abdeckung besitzt, um eine künstliche Finsternis zu erzeugen (siehe Bilder oben). Die C1-Kamera dient dazu, die Korona zwischen 1,1 und drei Sonnenradien abzubilden, C2 erfasst den Bereich zwischen rund 2,2 und sechs Sonnenradien, C3 dient der Untersuchung der Korona im Abstand von ungefähr 4,5 bis dreißig Sonnenradien.

Bei der C1-Kamera bedeckt eine kreisförmige Blende in der Brennebene des Teleskops die gleißende Sonnenscheibe. Die beiden anderen Kameras haben ähnliche Blenden vor ihren Hauptlinsen. Um störendes Streulicht zu vermeiden, muss Lasco auch die innere, helle Korona abdecken – und zwar bis zu einem Abstand >

TRACE MISSION

Gleißende Bögen Dieses Foto, aufgenommen vom Satelliten »Trace«, zeigt koronale Schleifen aus heißem Plasma, die sich über die sichtbare Oberfläche der Sonne erheben. Das Plasma ist in Magnetschläuchen gefangen.

NASA / ESA / J. PASACHOFF, S. MARTIN, D. SEATON (WILLIAMS COLL.)

Finsternisfotos, die auf der Erde eingefangen werden, können feine Details der inneren Korona auflösen und Satellitenfotos ergänzen. Dieses Bild der Finsternis von 1999 ist aus drei Teilen zusammengesetzt: einer Soho-Aufnahme der äußeren Korona, einer irdischen Aufnahme der inneren Korona sowie einer Soho-Aufnahme der Sonne.

> von mindestens 1,1 Sonnenradien vom Mittelpunkt unseres Zentralsterns.

Doch dieser Bereich ist äußerst wichtig, weil von ihm der Sonnenwind ausgeht. In den Soho-Bildern auf S. 35 fällt innerhalb der Sonnenblende ein Kreis auf. Er entspricht etwa der Sonnenoberfläche und zeigt, wie viel von der Korona verdeckt wird. Genau dieser Bereich lässt sich von der Erde aus während einer Finsternis beobachten. Irdische Koronografen auf hohen Bergen können zwar näher an den Sonnenrand blicken als Sohos Kameras, aber immer noch nicht so nahe, wie es während einer natürlichen Finsternis möglich ist.

Zudem besitzt die C1-Kamera die relativ grobe Bildauflösung von zwölf Bogensekunden. Während einer natürlichen Finsternis dagegen sind von der Erde aus Details mit Größen zwischen ein und zwei Bogensekunden erkennbar. C2 und C3 haben sogar noch schlechtere Auflösungen als C1: 25 Bogensekunden beziehungsweise zwei Bogenminuten.

Daher ist die Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse nach wie vor eine wichtige Ergänzung zu erd- und weltraumgestützten Erkundungen der Sonne, die mit künstlichen Verfinsterungen arbeiten. Um einen wesentlichen Beitrag zur Sonnenforschung zu leisten, müssen moderne Finsternisexpeditionen allerdings überlegt vorgehen. Sie sollten bei ihren Beobachtungen eine höhere Auflösung (im Hinblick auf Ort, Zeit oder Wellenlänge) erzielen als die Satelliten im All. Alternativ können sie auch in Wellenlängen- oder Raumbereichen beobachten, die Satelliten aus technischen Gründen nicht zu untersuchen vermögen.

Die Natur macht's möglich

Ein entscheidender Vorteil von natürlich auftretenden Finsternissen ist, dass sich ihre Beobachtung kurzfristig planen lässt. Satellitenmissionen erfordern hingegen viele Jahre oder gar Jahrzehnte an Vorbereitung. Zudem lassen sich für irdische Finsternisexpeditionen neu entwickelte Ausrüstungsgegenstände nutzen, die erst seit Kurzem erhältlich sind oder die sich nicht für die rauen Bedingungen im Weltraum eignen.

Um ein Beispiel zu nennen: Spiros Patsourakos vom Institut d'Astrophysique Spatiale (Orsay, Frankreich) beobachtete im Jahr 1998 eine natürliche Finsternis und kombinierte seine Messungen mit Soho-Daten. Aus beiden gemeinsam konnte er erstmals die Radialgeschwindigkeit einer bestimmten Komponente des Sonnenwinds bestimmen. Daraus leiteten Patsourakos und seine Kollegen ab, woher diese Komponente stammt. Dieses Ergebnis hätte allein mit Hilfe von künstlichen Finsternissen nicht erreicht werden können.

Auf einer meiner eigenen Finsternisexpeditionen fotografierten wir koronale Schleifen mit hoher zeitlicher Auflösung (zehnmal pro Sekunde). Dabei benutzten wir einen speziellen Aufnahmefilter, der das Licht des 13fach ionisierten Eisens durchließ. Theoretische Berechnungen zeigen, dass sehr rasch aufeinander folgende Schwingungen der Korona diese auf ihre gewaltige Temperatur erwärmen könnten. Es schien lohnenswert, die Idee zu prüfen, aber keiner der in Frage kommenden Satelliten kann solche Be-

wegungen beobachten: Sie sind mindestens zwanzigmal zu schnell. Messungen mit dem UVCS-Instrument (Ultraviolet Coronagraph Spectrometer) an Bord des Soho-Satelliten deuten darauf hin, dass solche Schwingungen bei der Erwärmung der Korona tatsächlich eine Rolle spielen und außerdem zur Beschleunigung des Sonnenwinds beitragen.

Die nächste Umgebung der Sonne

Der japanische Satellit »Solar-B«, der voraussichtlich Ende 2006 startet, soll eine höhere Zeitauflösung bieten als heutige Satelliten. Aber er wird noch immer nicht die Bildfrequenz erreichen, die mit erdgebundenen Beobachtungen möglich ist. Sein räumliches Auflösungsvermögen wird auf eine Bogensekunde begrenzt bleiben und damit nicht viel besser sein als das, was heute von der Erde aus möglich ist (und um einen Faktor zwei schlechter als die Auflösung, die Trace bietet). Solar-B soll jedoch in der Lage sein, Korona-Abschnitte mit Temperaturen von drei bis fünf Millionen Grad Celsius zu untersuchen, die Trace nicht beobachten kann.

Die von Trace gelieferten Bilder sind fantastisch detailliert. Sie lösen noch Strukturen mit weniger als 400 Kilometer Größe auf der Sonnenoberfläche auf, was einer halben Bogensekunde entspricht. Während der Finsternis am 11. August 1999 in Rumänien benutzten wir ein Satellitentelefon, um uns mit dem Trace-Missionskontrollteam abzustimmen. So konnten wir unsere Fernrohre auf dieselben Schleifen am Sonnenrand richten wie der Satellit. Wir erreichten bei unseren Beobachtungen eine höhere zeitliche, der Satellit hingegen eine höhere räumliche Auflösung.

Jeffrey Kuhn (University of Hawaii), Robert MacQueen (emeritiert, früher Rhodes College, Memphis), Alan Ridgeley (Rutherford Appleton Laboratory, England) und ihre Kollegen nutzen Finsternisse, um die Sonnenatmosphäre im Infrarot zu beobachten. Einige Spektrallinien in diesem Bereich des Spektrums hat man bei mehreren Mikrometer Wellenlänge gefunden oder vermutet sie dort. Anhand von Daten der Sonnenfinsternis von 1994 ordneten Kuhn und andere die koronalen Emissionslinien bei 1,25 und 1,43 Mikrometern dem Element Silizium zu, dem acht beziehungsweise neun seiner vierzehn Elektronen fehlen. >

Finsternisforschung früher

Pierre Jules César Janssen
LICK OBS. / MARY LEA SHANE ARCHIVES

Arthur S. Eddington
AIP / EMILIO SEGRE VISUAL ARCHIVES

Albert Einstein
YERKES OBS.

Die Liste der bedeutenden wissenschaftlichen Entdeckungen, die mit Hilfe totaler Sonnenfinsternisse gelangen, ist umfangreich. Ein berühmtes Beispiel ist die Finsternis am 18. August 1868, die der französische Wissenschaftler Pierre Jules César Janssen vom indischen Guntur aus beobachtete. Er bediente sich dabei der Spektroskopie, die erst kurz zuvor erfunden worden war.

Kurz vor und nach der Totalität sah Janssen eine gelbe Spektrallinie, die auf eine Protuberanz zurückging. Sie war so hell, dass er folgerte, er müsste sie sogar nach der Finsternis beobachten können. Und tatsächlich gelang ihm das am folgenden Morgen. Zunächst dachte Janssen, dass es sich um die bekannte enge Natrium-D-Doppellinie handele.

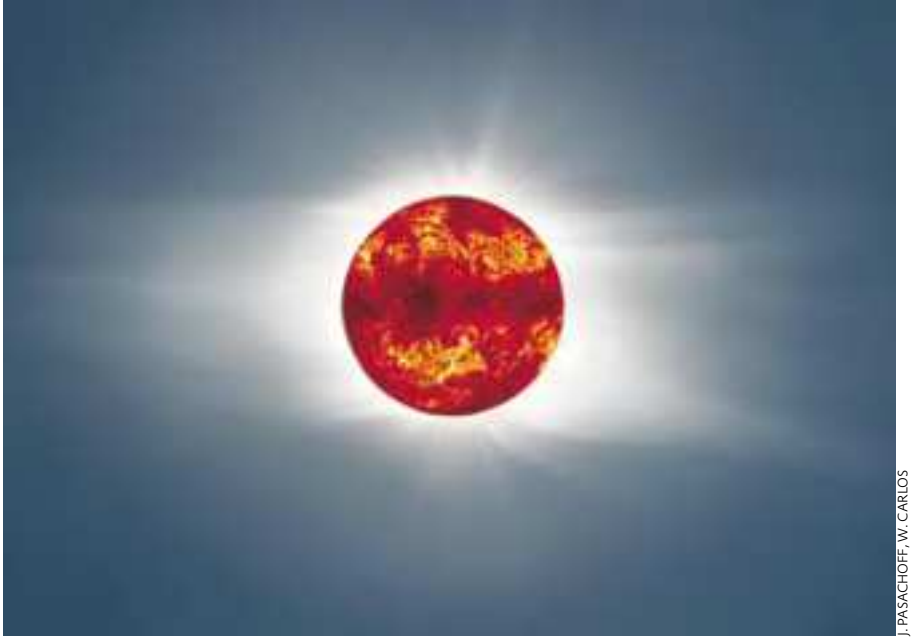
Aber die neue Linie, D3 genannt, besaß nicht die passende Wellenlänge. Sie musste von einem bis dahin unbekannten chemischen Element verursacht werden. Der britische Astronom Norman Lockyer kam unabhängig von Janssen zum selben Schluss. Lockyer nannte das neue Element Helium, abgeleitet vom griechischen Wort helios für Sonne, weil es augenscheinlich nur auf unserem Zentralstern zu finden war. Erst 1895 konnte Helium auch in einem irdischen Labor nachgewiesen werden.

Während der Finsternis am 7. August 1869 fanden die amerikanischen Astronomen Charles Young und William Harkness unabhängig voneinander eine schwache grüne Emissionslinie im Spektrum der Korona. Sie ist noch heute als grüne Koronalinie bekannt und wurde zunächst dem hypothetischen Element Coronium zugeordnet. Erst als das Periodensystem der Elemente fast vollständig aufgestellt war, zeigte sich, dass es keinen Platz für das Coronium bot.

Siebzig Jahre lang ließ sich das Problem nicht lösen. Schließlich erkannten Wissenschaftler, dass es sich bei Coronium um ein bekanntes Element in einem derart extremen Zustand handeln musste, dass sein Spektrum auf der Erde nie beobachtet werden konnte. 1939 wies der Deutsche Walter Grotrian auf diese Möglichkeit hin, und 1941 identifizierte der Schwede Bengt Edlén das Coronium als Eisen mit 13 fehlenden Elektronen. Man bezeichnet es als Eisen XIV. Um Eisen so stark ionisieren zu können, muss die Korona extrem heiß sein. Und damit die Linie überhaupt sichtbar werden kann, muss die Dichte der Korona fast der des Vakuums entsprechen.

Als epochales Sonnenfinsternis-Experiment gilt die Überprüfung von Albert Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Der Versuch sollte entweder beweisen oder wiederlegen, dass die Sonne auf Grund ihrer Anziehungskraft Sternlicht ablenkt. Die unter Leitung des englischen Astronomen Arthur Eddington durchgeführten Messungen während der Finsternis am 29. Mai 1919 ergaben, dass die Theorie zutrifft, und machten Einstein weltberühmt. Während der Finsternis am 21. September 1922 und noch viele Male danach wurde das Experiment wiederholt. Die jüngsten derartigen Versuche datieren auf den 30. Juni 1973; zu diesem Zeitpunkt bezweifelte allerdings praktisch niemand mehr Einsteins Theorie.

Beobachtungen zur Lichtablenkung in der Nähe massereicher Objekte lassen sich inzwischen bei Tag und Nacht durchführen, eine Finsternis ist dafür nicht erforderlich. Der Astrometriesatellit Hipparcos hat die Ablenkung des Lichts im Gravitationsfeld der Sonne bei der Hälfte aller für ihn sichtbaren Sterne gemessen! Inzwischen untersucht man Gravitationslinsen-Ereignisse routinemäßig auch in vielen anderen Forschungsfeldern der Astronomie. Heutige Finsternisexpeditionen sind an neuen Beobachtungen interessiert – nicht an denen, die Wissenschaftler bereits vor Jahrzehnten gemacht haben.



J. PASACHOFF, W. CARLOS

NASA, GSFC

Zwei Finsternisse Die totale Verdunkelung unseres Zentralsterns am 26. 2. 1998 enhüllte zahlreiche koronale Streifen (oben). Dem Bild überlagert ist ein Falschfarbenfoto der Sonne im Ultraviolett, das Soho etwa zur selben Zeit anfertigte. Während der totalen Finsternis am 18. 3. 1988 fotografierten Forscher die Korona im roten Licht (unten). Sie benutzten einen Filter, dessen Dämpfung nach außen abnahm. So ließ sich die helle innere Korona unterdrücken, damit die Streifen besser hervortreten, die sich bis in die äußere Korona erstrecken.

> Möglicherweise haben die Forscher auch achtfach ionisiertes Silizium bei 3,93 Mikrometer Wellenlänge nachgewiesen. Sie beobachteten diese Emissionslinie während der Finsternis am 26. Februar 1998 über dem Pazifik an Bord eines C-130-Frachtflugzeugs. Wenn sich das Ergebnis bestätigen ließe, wäre diese Spektrallinie die bislang hellste der Korona im infraroten Teil des elektromagnetischen Spektrums. Damit würden sich die Chancen verbessern, das Magnetfeld der äußeren Sonnenatmosphäre direkt zu erforschen und zu vermessen.

Bei derselben Finsternis untersuchten Kuhn und seine Kollegen die Infrarotstrahlung von feinem Staub in der Umgebung unseres Zentralsterns. Sonnenlicht, das weiter draußen an interplanetarem Staub reflektiert wird, ist für das schwache, diffuse Zodiakallicht verantwortlich, das sich an einem dunklen Landhimmel nach der Abend- oder vor der Morgendämmerung beobachten lässt. Der dafür verantwortliche Staub liegt hauptsächlich in oder nahe der Ebene des Sonnensystems.

Er stammt von Kometen sowie von Zusammenstößen zwischen Kleinplaneten und Meteoroiden und bewegt sich auf Spiralbahnen langsam in Richtung Sonne. Die Forscher haben Zodiakalstaub sogar innerhalb der Korona nachgewiesen.

Bilder der Korona

Einige Astronomen vermuten, dass die aus dem äußeren Sonnensystem strömenden Körnchen sich in Ringen innerhalb der Korona sammeln könnten. Beobachtungen, die diese These stützen, gibt es bislang jedoch nicht.

Form und Struktur der Korona verändern sich von Finsternis zu Finsternis dramatisch, weil die Sonne einen elf Jahre währenden Aktivitätszyklus durchläuft. Eine merkliche Veränderung bestand sogar zwischen der Finsternis vom 26. Februar 1998 und der vom 11. August 1999. Erstere zeigte eine für das Sonnenminimum typische längliche Korona, Letztere eine für das Sonnenmaximum typische, mehr oder weniger runde äußere Sonnenatmosphäre.

Die Helligkeit der äußeren Sonnenatmosphäre sinkt rasch, wenn man sich von ihrem Rand entfernt. Sie fällt innerhalb des ersten Sonnenradius ungefähr auf ein Tausendstel ab! Konventionelle Filme oder CCD-Detektoren können die gesamte Dynamik der Korona meistens nicht erfassen.

Dreißig Jahre lang setzten Fotografen deshalb spezielle, kreisförmig (radial) abgestufte Graufilter ein, um die komplette Form der koronalen Bänder aufzunehmen. Eine solche Aufnahme zeigt das untere Foto auf dieser Seite. Gordon Newkirk vom High Altitude Observatory (Colorado, USA) war der Erste, der diese Filtertechnik einsetzte: im Jahr 1966. Auch Richard Fisher, Alice Lecinski und David Elmore (ebenfalls vom High Altitude Observatory) arbeiteten mit solchen Filtern. Die Forscher beobachteten in ihren radial abgestuften Aufnahmen Bewegungen innerhalb dünner koronaler Schwaden am Sonnenrand. Sie veröffentlichten ihren Fund 1999 in der Fachzeitschrift »Solar Physics«.

1993 publizierten John MacKenty vom Space Telescope Science Institute (Baltimore, USA) und ich erstmals zusammengesetzte, ungefilterte Finsternisaufnahmen. Inzwischen erlaubt es die Bildverarbeitung am Computer selbst

Amateuren, Kompositbilder aus sehr lang und kurz belichteten Aufnahmen in einer Weise zusammenzusetzen, dass es fließende Übergänge gibt. Dadurch lassen sich Strukturen vom Sonnenrand bis zu den äußersten Grenzen der Korona darstellen. Berufsastronomen verwenden andere Programme, zum Beispiel Iraf, um Bilder so zusammenzusetzen, dass die relativen Intensitätsunterschiede stimmen.

Es zeigte sich, dass nur ein Teil des Lichts innerhalb der Korona seinen Ursprung nahe unserem Zentralstern hat. Ein anderer Teil rührt von Sonnenlicht her, das weiter draußen am interplanetaren Staub in unsere Richtung gestreut wird. Man kann diese beiden Sorten von Licht anhand ihrer Polarisation unterscheiden – also der mehr oder weniger ausgeprägten Eigenschaft ihrer Wellenpakete, bevorzugt in bestimmten Raumebenen zu schwingen. Sonnenlicht, das am Staub in unsere Richtung gestreut wird, ist nur schwach polarisiert. Jenes hingegen, das direkt in der Korona an Elektronen reflektiert wird, ist stark polarisiert.

Forschung zum Schnäppchenpreis

Misst man die Polarisation, kann man die »Fraunhofer-Korona« des Staubs, die das gleiche Spektrum wie die Sonnenoberfläche aufweist, von der gewöhnlichen »K-Korona« der Elektronen unterscheiden, die während einer Finsternis zu sehen ist. Das »K« leitet sich von kontinuierlich ab, weil die Bewegung der heißen Korona-Elektronen die Spektrallinien verschmiert.

J. PASACHOFF

Mehr als eine Tonne Instrumente bauten der Autor dieses Artikels (rechts) und seine Kollegen zur Sonnenfinsternis 1999 in Rumänien auf. Für ihre Beobachtungen bezog die Gruppe Stellung auf dem Flachdach eines Hotels.

Es gibt auch einige Beobachtungen, deren Wert ich bezweifle. Beispielsweise glaube ich nicht, dass die winzigen Größenänderungen der Sonne existieren, über die in den vergangenen Jahrhunderten immer wieder berichtet wurde. Als Grundlage für diese Messungen dienen Vergleiche zwischen heutigen Finsternisstreifen auf der Erdoberfläche und solchen zu Zeiten Edmond Halleys. Tatsächlich haben zahlreiche Forscher gezeigt, dass es keine messbaren Veränderungen im Sonnenradius gibt.

Zu den Vorteilen von Finsternisbeobachtungen gegenüber Satellitenbeobachtungen gehören eine hohe Flexibilität und ein geringer Preis. Expeditionsteams können neue Techniken und Instrumente kurzfristig mitnehmen. Selbst sperriges Gerät lässt sich für sehr viel weniger Geld in entlegene Gegenden der Erde schaffen als ins All. Außerdem müssen die Instrumente nicht die strengen Stabilitätskriterien erfüllen, die ein Raketenstart erfordert. Schließlich lassen sich die Beobachtungsgeräte auf einer stabilen Unterlage (mit der Erde als Plattform) montieren und selbst noch in letzter Minute justieren.

Die Soho-Mission, ein gemeinsames Projekt der Raumfahrtorganisationen Esa und Nasa, kostet hunderte Millionen Dollar. Eine gut ausgerüstete Finsternisexpedition lässt sich für weniger als ein Tausendstel dieser Summe organisieren. Selbst wenn sich manche Verdunkelungen wegen Bewölkung nicht beobachten lassen, sind Expeditionen eine sehr preisgünstige Möglichkeit, Sonnenforschung zu betreiben.

Daher ist die Zeit der Finsternisforschung lange nicht vorüber! Erfolge in den Satellitenbeobachtungen sollten uns nicht davon abhalten, Sonnenfinsternisse zu erforschen, denn wir können dabei wichtige Erkenntnisse gewinnen. Am 29. März 2006 bietet sich die nächste gute Chance. Einige von uns werden mit Sicherheit dabei sein. <<

Jay M. Pasachoff arbeitet als Professor für Astronomie am Williams College in Williamstown, Massachusetts, und hat mehr als dreißig Sonnenfinsternisse beobachtet. Außerdem ist er Vorsitzender der Arbeitsgruppe »Finsternisse« der Internationalen Astronomischen Union. Pasachoff schrieb zusammen mit Leon Golub das Buch »Nearest Star: The Exciting Science of the Sun«.

Astronomie in die Schulen!

Die Begeisterung für astronomische Phänomene kann alle Menschen – Alt und Jung – erfassen. Um sie auf den Schulunterricht zu übertragen, haben wir mit großzügiger Unterstützung der Klaus Tschira Stiftung unser Projekt WiS! begonnen (www.wissenschaft-schulen.de). Dort gibt es jeden Monat neue Anleitungen, Materialien und Tipps, wie Sie als Lehrer oder Schüler zu den in STERNE UND WELTRAUM oder ASTRONOMIE HEUTE behandelten Themen eigene Experimente durchführen, Modelle bauen können und Ähnliches. Das ist nicht nur für die Schule interessant!

wis
wissenschaft in die schulen!

Als Ergänzung zu diesem Beitrag beispielsweise finden Sie bei WiS! eine einfache Erklärung, warum Sonnenfinsternisse häufiger vorkommen als Mondfinsternisse. Ein Freihandexperiment verdeutlicht, warum sich die Sonnenkorona nur während einer Sonnenfinsternis oder mit Hilfe eines Koronografen beobachten lässt.

Schauen Sie doch einmal auf unsere WiS!-Internetseite!

STERNTAFEL

S&T / AH, ARTBITE

WANN

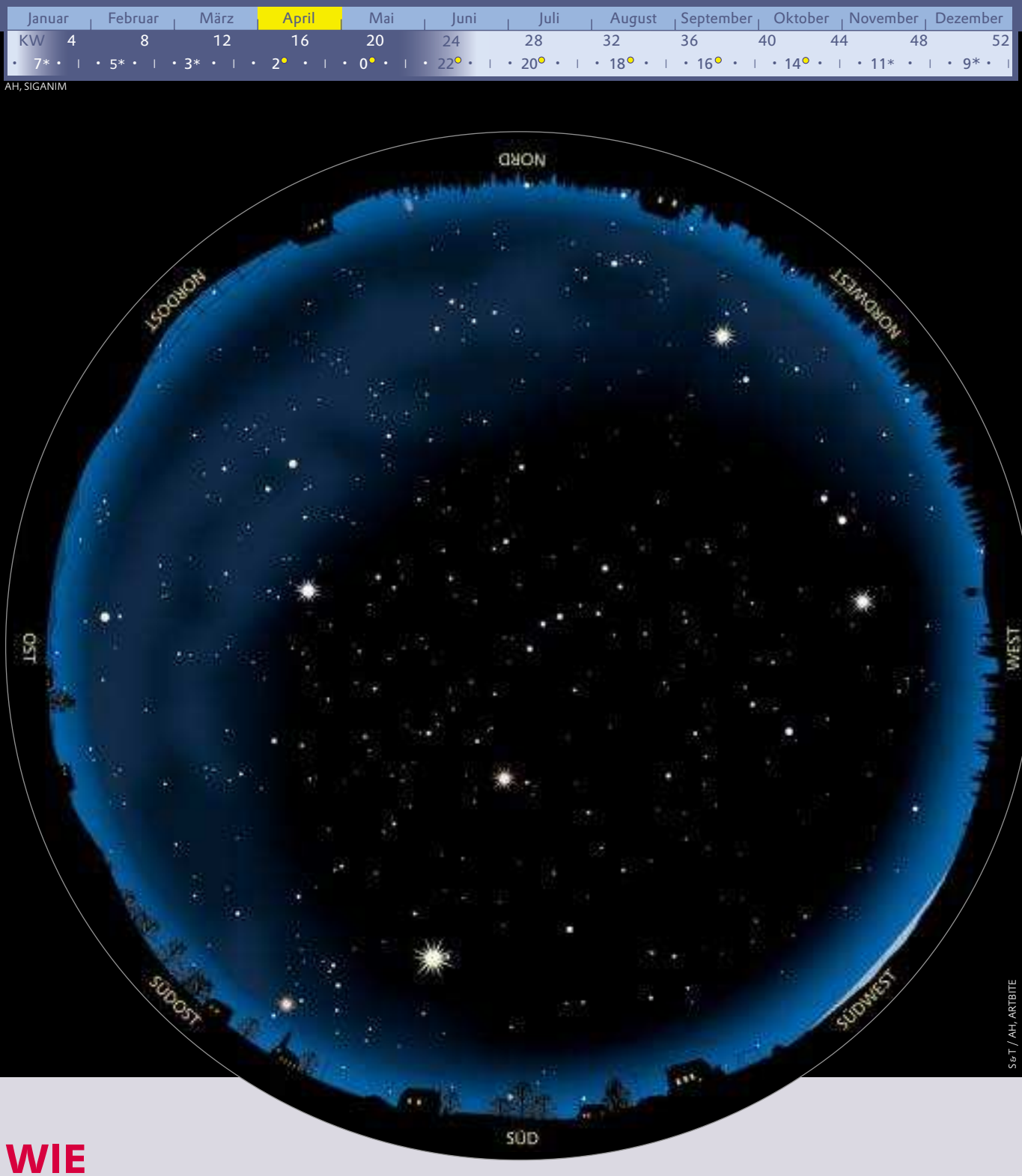
Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

März, zweite Hälfte:	**2 Uhr***
April, zweite Hälfte:	**1 Uhr°**
Mai, zweite Hälfte:	**23 Uhr°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S&T

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum der Karte dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das »Frühlingsdreieck« aus den hellsten Sternen des Bärenhüters, des Löwen und der Jungfrau – Arktur, Regulus und Spika – steht hoch über dem Südwesthorizont. Das Sommerdreieck im Osten ist bereits komplett zu sehen. Jupiter prangt hell in der Waage im Südsüdosten, Saturn dreht seine Kreise im Krebs und Mars bleibt in den angegebenen Stunden nur in der zweiten Monatshälfte über dem Nordwesthorizont.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

S&T / AH

Der Löwe und der Große Wagen

Wenn diese beiden berühmten Sternbilder abends hoch am Himmel stehen, naht der Frühlingsanfang. **>> Fred Schaaf**

Am Beginn der für mich schönsten Jahreszeit stehen sich abends am Himmel zwei große Raubtiere gegenüber. Hoch oben im Zenit lauert der Große Bär (»Ursa Maior«, UMa), dessen Hinterteil besser als das Sternmuster Großer Wagen bekannt ist (Nahaufnahme, S. 52). Vom Süden her greift der Löwe (»Leo«) an, mit seiner ebenfalls unverwechselbaren Anordnung von Sternen.

Auf unseren Übersichtskarten auf den S. 42 und 43 sehen Sie den Löwen im Südwesten auf halbem Weg zum Zenit. Brust, Nacken, Mähne und Kopf – der westliche (rechte) Teil der Konstellation – sind als eigenes Sternmuster bekannt: als »umgedrehtes Fragezeichen« oder als »Sichel«. An ihrem Griff, dem Vorderlauf des Löwen, befindet sich der 1.-Größe-Stern Regulus (Alpha Leonis, α Leo). Der Name bedeutet »kleiner König«, ein angemessener Titel für den hellsten Stern im König der Tiere. Obwohl Regulus nur eine scheinbare Helligkeit 1,4ter Größe hat, zählt er gerade noch in die Kategorie der 1.-Größe-Sterne, da die Grenze zur 2. Größe bei 1,5 liegt. Somit rangiert Regulus nur eine halbe Größenklasse vor dem zweithellsten Stern, Algieba (Gamma Leonis, γ Leo), ebenfalls in der Sichel. Mit einem Teleskop können Sie erkennen, dass dieser ein wunderschöner Doppelstern mit zwei gelborangefarbenen Komponenten ist (Deep Sky, S. 46).

Das Hinterteil des Löwen wird durch ein rechtwinkliges Dreieck gebildet, ein ganzes Stück links von der Sichel. Sein östliches Ende, die Schwanzspitze der Raubkatze, markiert der 2,1te Größe helle Denebola (Beta Leonis, β Leo).

Direkt nördlich (wenn wir den Kleinen Löwen übergehen, der so unscheinbar ist, dass er auf unseren Übersichtskarten nicht auftaucht) trottet der Große Bär gen Westen. Seine hellsten Sterne bilden den Großen Wagen. Sie scheinen mit 2. Größe, nur der schwächere Megrez, die Verbindung zwischen Kasten und Deichsel, hat 3. Größe.

Die zwei Sonnen gegenüber der Deichsel, die die Rückwand des Kastens bilden, sind Dubhe und Merak (Alpha und Beta Ursae Maioris). Sie sind der berühmte Wegweiser zum Polarstern: Ziehen Sie eine gedachte Linie von Merak, der unteren Ecke, durch Dubhe, der oberen, und verlängern Sie die Strecke um etwa das Fünffache. Der einzige hellere

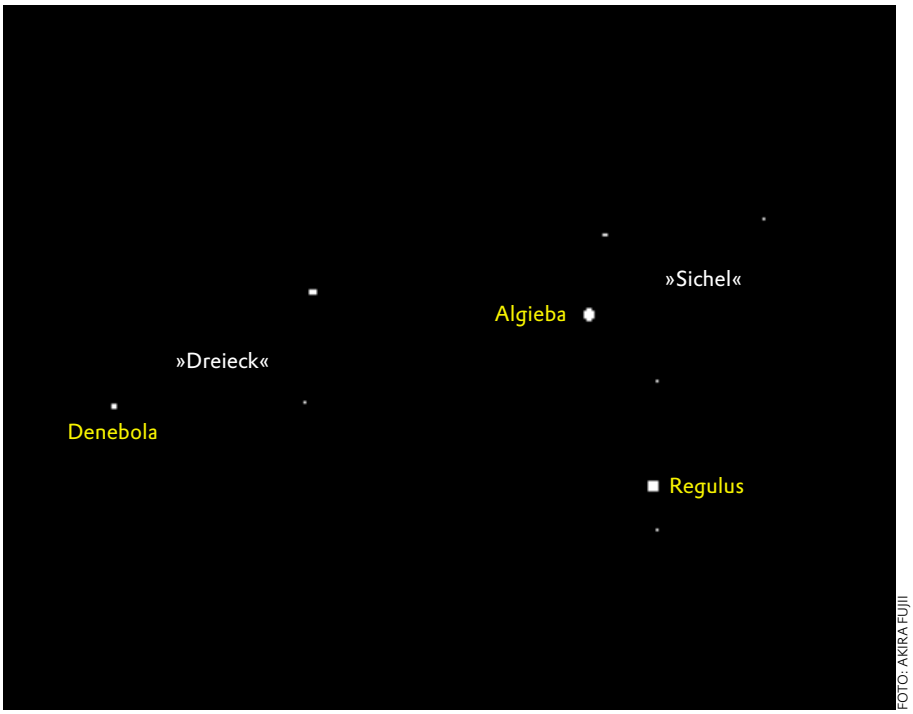
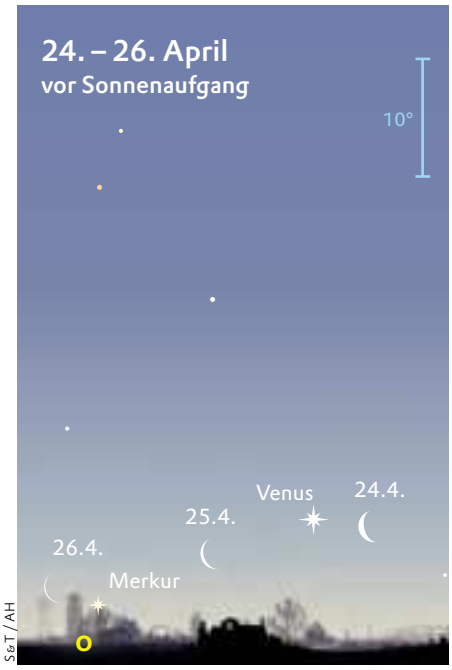


FOTO: AKIRA FUJII

Dreieck und Sichel bilden den Löwen. Regulus, der Hauptstern, liegt nur wenig nördlich von der Ekliptik und erhält immer wieder planetaren Besuch.



Abend- und Morgenstern

sind Jupiter (Grafik links) und Venus (rechts). Merkur ist mit etwas Übung im Morgengrauen zu erhaschen.

Stern, der sich nun ganz dicht neben oder sogar auf der Linie befindet, ist Polaris. Eine Grafik hierzu finden Sie auf S. 53.

Dies ist nicht die einzige Hilfestellung, die uns der Große Wagen liefern kann. Wie auch der Gürtel des Orions dient er als kosmischer Wegweiser – doch dazu nächsten Monat mehr.

Planeten im April

Merkur geht erst eine gute halbe Stunde vor der Sonne auf. Mit ein wenig Glück können Sie ihn in der Morgendämmerung tief über dem Osthorizont entdecken. Suchen Sie ihn am besten mit einem Fernglas, tief links unterhalb der Venus in der fortgeschrittenen Dämmerung (Grafik oben rechts).

Venus taucht früher auf als Merkur und bleibt den ganzen Monat als heller Morgenstern tief im Osten.

Mars verblasst diesen Monat auf 1,5te Größe. Allerdings zieht er immer noch die Aufmerksamkeit auf sich, wenn er vom Stier (»Taurus«) in die Zwillinge (»Gemini«) wandert. Beobachten Sie ihn mit einem Feldstecher oder Weitwinkelfernrohr, wenn er am 16. und 17. April nur ein Grad nördlich am Sternhaufen M35 vorbeizieht (AH 3/2006, S. 48). Am 30. April zieht er einen Vollmonddurchmesser (ein halbes Grad) entfernt an Epsilon Geminorum (ε Gem) vorbei.

Jupiter geht Anfang April erst nach 23 Uhr im Sternbild Waage (»Libra«, Grafik links) auf, dagegen steht er drei Wochen später bereits bei Ende der Dämmerung tief im Ostsüdosten als hellster Lichtpunkt am Abendhimmel. Zwischen dem 23. und 27. April ist er weniger als ein Grad von Zuben Elgenubi (Alpha Librae, α Lib) entfernt, einem weit auseinander stehenden Doppelstern, dessen Komponenten Sie bereits mit einem Feldstecher unterscheiden können.

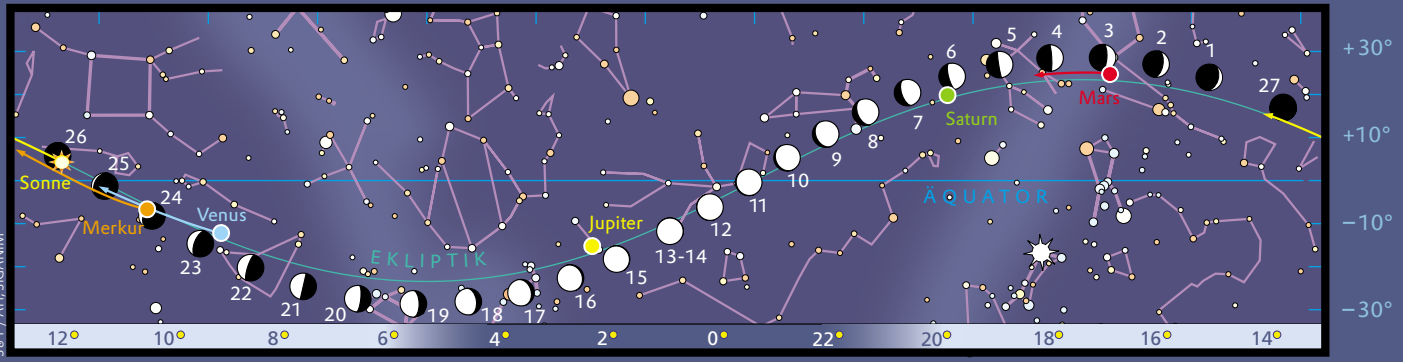
Saturn steht während der Abenddämmerung hoch im Südwesten und füllt mit seinem Glanz das dunkle Loch zwischen Pollux in den Zwillingen und Regulus im Löwen. Wenn Sie ihn regelmäßig mit einem Fernglas beobachten, wird Ihnen auffallen, dass er in der zweiten Hälfte des Monats langsam nach Osten in Richtung M44 wandert, dem Bienenstockhaufen im Krebs.

Den **Mond** sehen Sie am 3. April oberhalb von Mars und am 6. über Saturn. Direkt nach Vollmond geht er am Abend des 14. April etwas weiter links zusammen mit Jupiter auf. Vor Sonnenaufgang am 24. April steht die abnehmende Sichel nahe bei Venus. <<

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. April. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Sternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an (korrigiert auf Sommerzeit), wenn der darüber liegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf besucht manchmal seine Kollegin Sue French und lässt sich von ihr die Galaxien der Leo-Gruppe zeigen (Deep Sky, S. 46).

Der Mond und die Planeten im April 2006



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

BEIDE FOTOS: AKIRA FUJII

Deep Sky in der City

Tabellenführer Die Andromeda-Galaxie (M 31, links) hat sich mit ihren Koordinaten Listenplatz 1 erobert. Auch M 17, ein diffuser Nebel im Schützen, schaffte es in die Bestenliste lichtverschmutzungsresistenter Objekte.

Auch unter hellem Großstadthimmel lässt sich beobachten. Wir nennen Ihnen die 101 besten Ziele. **>> James Mullaney**

Wenn Sie im Ruhrgebiet, auch weit an dessen Rand, nachts Ihre Sternkarte ausbreiten, dann können Sie diese unter dem künstlich hell erleuchteten Himmel oft sogar ohne Rotlichtlampe lesen. Mit derartigen Lichtverhältnissen kämpfen viele Himmelsbeobachter. Doch selbst wenn die einst geheiligte Dunkelheit des Nachthimmels längst Straßenlaternen und Neonreklamen zum Opfer gefallen ist, können Sie viele Deep-Sky-Objekte immer noch gut mit einem kleinen Teleskop sehen. Einige Stadtbeobachter mit scharfen Augen haben sogar schon den hellsten Quasar erspähen können, 3C 273 in der Jungfrau – dabei hat er nur 13te Größe. Kaum zu glauben, dass dieses Objekt in zwei Milliarden Lichtjahren Entfernung selbst bei aufgehelltem Himmel in Fünf- oder Sechs-Zoll-Fernrohren auftaucht!

Wir haben Ihnen die 101 schönsten Deep-Sky-Objekte zusammengestellt (Liste auf S. 48/49). Sie sind über den ganzen Himmel verteilt und noch bei mäßigen Lichtverhältnissen von mittleren nördlichen Breiten aus sichtbar. Da Sterne die höchste Helligkeit pro Fläche haben, bilden Doppel- und Vielfachsterne sowie helle Sternhaufen in der Auswahl die Mehrheit. Galaxien und Nebeln kann die Lichtverschmutzung am meisten anhaben, trotzdem sind auch sie noch zahlreich vertreten. Ein guter Sternatlas hilft Ihnen, alle 101 »Deep-Sky-Wunder« im jeweiligen Sternbild aufzusuchen. Die meisten Objekte finden Sie auch in einfacheren Atlanten oder Sternkarten.

Ein paar Beobachtungstipps möchte ich vorausschicken. Zwar benutzt man normalerweise geringe Vergrößerungen und ein weites Gesichtsfeld, um Deep-Sky-Objekte zu finden. Doch hohe Vergrößerungen verdunkeln den Hintergrund – ein Vorteil bei lichtverschmutztem Himmel. Enge Doppelsterne oder Sternhaufen, insbesondere Kugelsternhaufen, beobachten Sie am besten in Nächten mit ruhiger Luft. Nebel und Galaxien dagegen sollten Sie sich für Nächte mit hervorragender Transparenz aufheben. Alle Objekte präsentieren sich am schönsten, wenn sie nahe dem Meridian stehen und damit am höchsten über dem Horizont.

Wollen Sie die Farbschattierungen eines Objekts erkennen, dann sehen Sie es direkt an. Um feine Details seiner Struktur zu unterscheiden, blicken Sie knapp daran vorbei. Gerade bei solch indirekter Sicht sollten Sie sich ein dunkles, undurchsichtiges Tuch über Kopf und Schultern legen. So stört kein unerwünschtes Licht von Straßenlaternen, vorbeifahrenden Autos oder dem Himmel die Dunkeladaption Ihres Auges. Außerdem gibt es noch einen Erfahrungswert: Je später am Abend Sie beobachten, desto weniger Lichtverschmutzung beeinträchtigt Ihre Beobachtungen. Geschäfte schließen, die Nachbarn gehen zu Bett und die hektische Welt um Sie herum kommt zur Ruhe.

Auch wenn viele die herrlichen Farben der hellen Sterne nicht beachten, las-

sen diese sich selbst im hellen Himmel schön unterscheiden. Blendende blauweiße Edelsteine wie Sirius, Wega und Spika kontrastieren mit den warmen Gold-, Topas- und Orangetönen von Sternen wie Kapella, Arktur und Aldebaran sowie den roten Überriesen Beteigeuze und Antares. Und wie schon der berühmte Astronom William H. Pickering vor langer Zeit sagte: »Wenige Sichtungen mit einem Teleskop erwecken solche Begeisterung wie ein heller Stern, der beim Auf- oder Untergehen farbenfroh funkelt wie ein Lichtstrahl in einem Prisma.«

Es gibt auch leuchtschwächere tief- oder karmesinrote Sterne, meist Veränderliche, die Sie aber noch mit dem bloßen Auge sehen können. Besonders schöne Anblicke bieten Herschels Granatstern (My Cephei, Feldstechertipp 12/2005), La Superba (Y Canum Venaticorum) oder Hinds Karmesinstern (R Leporis), wenn er am hellsten ist.

Sterne, nichts als Sterne

Ein kleines Teleskop kann Ihnen Tausende von Doppelsternen zeigen – und kein Paar gleicht dem andern. Manche sind bei Lichtverschmutzung oder im Mondschein genauso eindrucksvoll wie in der dunkelsten Nacht. Die hellen Sonnenpaare unterschiedlicher Farbe bieten einen unvergesslichen Anblick. Wer erinnert sich nicht an den ersten Blick auf das wunderbare Coelinblau und Topas von Albireo? Oder an das Orange und Aquamarin von Gamma Andromedae, das Rot und Grün von Alpha Herculis, die starken Orange- und Blautöne von 24 Comae Berenices, Delta Cephei, Iota Cancri (dem Albireo des Frühlings) und 145 Canis Maioris (dem Albireo des Winters)? Und das sind nur einige der Doppelsterne auf unserer Liste.

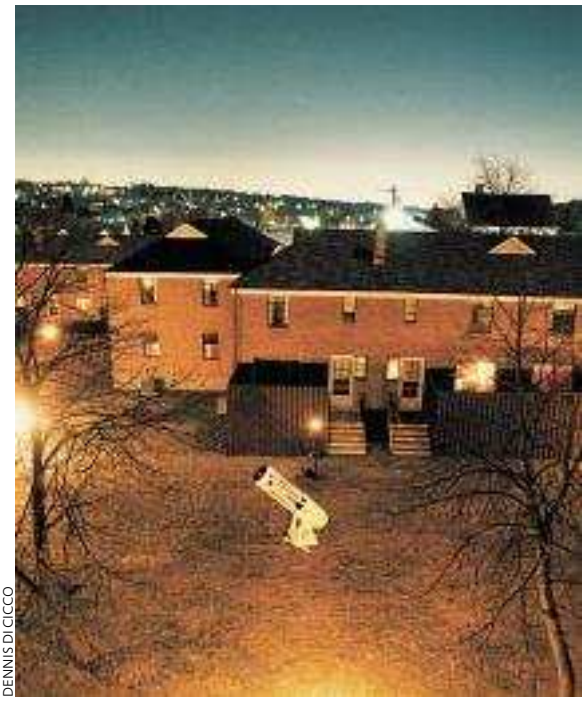
Heller Himmel und ein Teleskop? Auch wenn die lichtverschmutzte Vorstadt für Deep-Sky-Beobachtung ungeeignet scheint, zeigen doch viele Objekte ihre Schönheit trotz dieser ungünstigen Bedingung.

Duos weißer und nichtweißer Sterne – vor allem Blau-Weiß-Paarungen – sind besonders beeindruckend. Schauen Sie sich die Diamanten an, die Kastor bilden, oder die beiden »Augen« fast gleicher Zwillingssterne wie Gamma Arietis oder Porrima (Gamma Virginis). Einige Blau-Weiß-Doppel zeigen einen starken Helligkeitsunterschied zwischen den Partnern. Eines der besten Beispiele hierfür ist der bläuliche Überriese Rigel mit seinem Begleiter zehnter Größe.

Auch Mehrfachsterne aus drei oder mehr Komponenten können Sie mit Ihrem Vorstadtteleskop einfangen. Am bekanntesten ist das »Doppeldoppel« Epsilon Lyrae, das aus vier weißen Sternen besteht. Farbenfroher zeigt sich das Quartett Ny Scorpii. Als spektakuläre Dreifachgruppe präsentieren sich die schwach goldenen Komponenten von Herschels Wunderstern (Beta Monocerotis) und Omikron¹ Cygni – einem beeindruckenden Trio in Rotorange, Weiß und Blau. Das können Sie sogar im Feldstecher auflösen.

Spektakuläre Sternhaufen

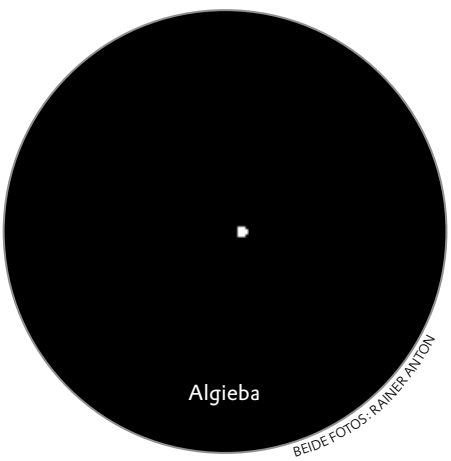
Gehen wir von den Doppel- und Mehrfachsternen zu größeren Ansammlungen über. Offene Sternhaufen beinhalten Dutzende bis Tausende Mitglieder. Einige Mehrfachsterne sind sogar als Sternhaufen klassifiziert, so etwa h 3780 im Hasen, das NGC-Objekt 2017. Noch dichter bevölkert sind die Kugelsternhaufen:



DENNIS DI CICCO

Diese Sternschwärme enthalten bis zu eine Million Sonnen!

Unter den bekanntesten und hellsten offenen Haufen sind einige, die Sie mit bloßem Auge sehen können und die im Feldstecher sogar bei starker Lichtverschmutzung einen wunderbaren Anblick bieten. Dazu gehören die berühmten Plejaden (M45) und Hyaden (Feldstechertipp AH 03/2006) ebenso wie der Bienenstock M44. Der besonders schöne Doppelhaufen aus NGC 869 und NGC 884 – ohne optische Hilfe gerade noch sichtbar – bietet in kleinen Fernrohren einen spektakulären Anblick. Einige der schönsten stellaren Schmuckkästchen für die Beobachtung mit Teleskop sind der große, helle, weit versprengte Haufen Lassell's Delight (M35), der Schmetterlingshaufen (M6) und sein Nachbar (M7) sowie der strahlende Wildentenhaufen (M11). >



BEIDE FOTOS: RAINER ANTON

Bunte Paare bietet der Himmel zuhauf. Mit ihrer auf kleiner Fläche komprimierten Lichtintensität ziehen Doppelsterne wie Albireo und Algieba auch am hellen Himmel die Aufmerksamkeit auf sich.

101 Schätze im lichtverschmutzten Himmel					
Objektbezeichnung	**Sternbild**	**Objekttyp**	**Rektaszension (2000.0)**	**Deklination**	**scheinb. Helligkeit (Größe)**
M 31 (NGC 224)	Andromeda	Spiralgalaxie	$0^h 42{,}7^m$	+41° 16′	3,5
NGC 253	Bildhauer	Spiralgalaxie	$0^h 47{,}6^m$	–25° 17′	7,1
Eta Cassiopeiae (η Cas)	Kassiopeia	Doppelstern	$0^h 49{,}1^m$	+57° 49′	3,5 / 7,2
Gamma Arietis (γ Ari)	Widder	Doppelstern	$1^h 53{,}5^m$	+19° 18′	3,9 / 3,9
Gamma Andromedae (γ And)	Andromeda	Doppelstern	$2^h 03{,}9^m$	+42° 20′	2,1 / 4,8
h & χ Persei (NGC 869/884)	Perseus	Doppelsternhaufen	$2^h 21{,}0^m$	+57° 08′	4,3 / 4,4
Iota Cassiopeiae (ι Cas)	Kassiopeia	Mehrfachstern	$2^h 29{,}1^m$	+67° 24′	4,5 /6,9
M 34 (NGC 1039)	Perseus	offener Sternhaufen	$2^h 42.1^m$	+42° 45′	5,2
M 45 (Plejaden)	Stier	offener Sternhaufen	$3^h 47{,}0^m$	+24° 07′	1,5
32 Eridani (32 Eri)	Eridanus	Doppelstern	$3^h 54{,}3^m$	–2° 57′	4,7 / 5,9
Hyaden	Stier	offener Sternhaufen	$4^h 20^m$	+16°	---
Aldebaran (Alpha Tauri, α Tau)	Stier	Stern	$4^h 36{,}1^m$	+16° 31′	0,9
R Leporis (Hinds Karmesinstern, R Lep)	Hase	Veränderlicher	$4^h 59{,}6^m$	–14° 48′	5,5 – 11,7 (440 Tage)
Rigel (Beta Orionis, β Ori)	Orion	Doppelstern	$5^h 14{,}7^m$	–8° 12′	0,1 / 6,8
Kapella (Alpha Aurigae, α Aur)	Fuhrmann	Stern	$5^h 16{,}9^m$	+46° 00′	0,1
M 1 (Krebsnebel, NGC 1952)	Stier	Supernova-Überrest	$5^h 34{,}5^m$	+22° 01′	8,4
M 42 (Orionnebel, NGC 1976)	Orion	diffuser Nebel	$5^h 35{,}4^m$	–5° 27′	3,7
Sigma Orionis (σ Ori)	Orion	Mehrfachstern	$5^h 38{,}7^m$	–2° 36′	3,7 / 6,3 / 3,7 / 8,8
h 3780	Hase	Mehrfachstern *	$5^h 39{,}3^m$	–17° 51′	6,4 / 7,7 / 8,2 / 8,9 / 9,5
Gamma Leporis (γ Lep)	Hase	Doppelstern	$5^h 44{,}5^m$	–22° 27′	3,6 / 6,3
M 37 (NGC 2099)	Fuhrmann	offener Sternhaufen	$5^h 52{,}3^m$	+32° 33′	5,6
Beteigeuze (Alpha Orionis, α Ori)	Orion	Stern	$5^h 55{,}3^m$	+7° 24′	0,5
M 35 (NGC 2168)	Zwillinge	offener Sternhaufen	$6^h 08{,}9^m$	+24° 21′	5,1
Beta Monocerotis (β Mon)	Einhorn	Mehrfachstern	$6^h 28{,}8^m$	–7° 02′	4,7 /5,2 / 6,2 7
Sirius (Alpha Canis Maioris, α CMa)	Großer Hund	Stern	$6^h 45{,}3^m$	–16° 43′	–1,4
M 41 (NGC 2287)	Großer Hund	offener Sternhaufen	$6^h 46{,}0^m$	–20° 45′	4,5
12 Lyncis (12 Lyn)	Luchs	Mehrfachstern	$6^h 46{,}2^m$	+59° 27′	5,4 / 6,0 / 7,3
145 Canis Maioris (145 CMa)	Großer Hund	Doppelstern	$7^h 16{,}6^m$	–23° 19′	4,8 / 6,0
NGC 2392 (Eskimonebel)	Zwillinge	Planetarischer Nebel	$7^h 29{,}2^m$	+20° 55′	9,2
Kastor (Alpha Geminorum, α Gem)	Zwillinge	Doppelstern	$7^h 34{,}6^m$	+31° 53′	2,0 / 2,9
Kappa Puppis (κ Pup)	Achterdeck	Doppelstern	$7^h 38{,}8^m$	–26° 48′	3,8 / 4,0
Zeta Cancri (ζ Cnc)	Krebs	Mehrfachstern	$8^h 12{,}2^m$	+17° 38′	5,6 / 6,0 / 6,3
M 44 (Praesepe, NGC 2632)	Krebs	Doppelstern	$8^h 40{,}4^m$	+19° 40′	3,1
Iota Cancri (ι Cnc)	Krebs	Doppelstern	$8^h 46{,}7^m$	+28° 46′	4,0 / 6,6
M 67 (NGC 2682)	Krebs	offener Sternhaufen	$8^h 51{,}4^m$	+11° 49′	6,9
NGC 2903	Löwe	Spiralgalaxie	$9^h 32{,}2^m$	+21° 30′	9,0
M 81 (Bode-Nebel, NGC 3031)	Großer Bär	Spiralgalaxie	$9^h 55{,}6^m$	+69° 04′	6,9
M 82 (Zigarren-Galaxie, NGC 3034)	Großer Bär	Spiralgalaxie	$9^h 55{,}8^m$	+69° 41′	8,4
Algieba (Gamma Leonis, γ Leo)	Löwe	Doppelstern	$10^h 20{,}0^m$	+19° 51′	2,6 / 3,8
NGC 3242 (Geist des Jupiter)	Wasserschlange	Planetarischer Nebel	$10^h 24{,}8^m$	–18° 38′	7,8
54 Leonis (54 Leo)	Löwe	Doppelstern	$10^h 55{,}6^m$	+24° 45′	4,3 / 6,3
Alula Australis (Xi Ursae Maioris, ξ UMa)	Großer Bär	Doppelstern	$11^h 18{,}2^m$	+31° 32′	4,3 / 4,8
M 65 (NGC 3623)	Löwe	Spiralgalaxie	$11^h 18{,}9^m$	+13° 05′	9,3
M 66 (NGC 3627)	Löwe	Spiralgalaxie	$11^h 20{,}2^m$	+12° 59′	9,0
3C 273	Jungfrau	Quasar	$12^h 29{,}1^m$	+2° 03′	12,7
M 49 (NGC 4472)	Jungfrau	elliptische Galaxie	$12^h 29{,}8^m$	+8° 00′	8,4
M 87 (NGC 4486)	Jungfrau	elliptische Galaxie	$12^h 30{,}8^m$	+12° 24′	8,6
24 Comae Berenices (24 Com)	Haar der Berenike	Doppelstern	$12^h 35{,}1^m$	+18° 23′	5,1 / 6,3
M 104 (Sombrero-Galaxie, NGC 4594)	Jungfrau	Spiralgalaxie	$12^h 40{,}0^m$	–11° 37′	8,0
Porrima (Gamma Virginis, γ Vir)	Jungfrau	Doppelstern	$12^h 41{,}7^m$	–1° 27′	3,4 / 3,5
La Superba (Ypsilon Canum Venaticorum, Y CVn)	Jagdhunde	Veränderlicher	$12^h 45{,}1^m$	+45° 26′	4,6 – 6,2 (157 Tage)

* auch als offener Sternhaufen NGC 2017 verzeichnet

101 Schätze im lichtverschmutzten Himmel					
Objektbezeichnung	**Sternbild**	**Objekttyp**	**Rektaszension (2000.0)**	**Deklination**	**scheinb. Helligkeit (Größe)**
M 94 (NGC 4736)	Jagdhunde	Spiralgalaxie	$12^h 50{,}9^m$	+41° 07′	8,2
Cor Caroli (Alpha Canum Venaticorum, α CVn)	Jagdhunde	Doppelstern	$12^h 56{,}0^m$	+38° 19′	2,9 / 5,6
M 64 (Black-Eye-Galaxie, NGC 4826)	Haar der Berenike	Spiralgalaxie	$12^h 56{,}7^m$	+21° 41′	8,5
M 63 (Sonnenblumen-Galaxie)	Jagdhunde	Spiralgalaxie	$13^h 15{,}8^m$	+42° 02′	8,6
Mizar (Zeta Ursae Maioris, ζ UMa)	Großer Bär	Doppelstern	$13^h 23{,}9^m$	+54° 56′	2,2 / 3,9
Spika (Alpha Virginis, α Vir)	Jungfrau	Stern	$13^h 25{,}3^m$	–11° 10′	1,0
M 51 (Whirlpool-Galaxie, NGC 5194 und 5195)	Jagdhunde	Spiralgalaxie	$13^h 29{,}9^m$	+47° 12′	8,4
M 3 (NGC 5272)	Jagdhunde	Kugelsternhaufen	$13^h 42{,}2^m$	+28° 23′	6,3
Arktur (Alpha Bootis, α Boo)	Bärenhüter	Stern	$14^h 15{,}9^m$	+19° 11′	–0,1
Epsilon Bootis (ε Boo)	Bärenhüter	Doppelstern	$14^h 45{,}0^m$	+27° 04′	2,3 /4,5
M 5 (NGC 5904)	Schlange (Kopf)	Kugelsternhaufen	$15^h 18{,}6^m$	+2° 05′	5,7
Alkalurops (My Bootis, μ Boo)	Bärenhüter	Mehrfachstern	$15^h 24{,}5^m$	+37° 23′	4,3 / 7,0 / 7,6
Zeta Coronae Borealis (ζ CrB)	Nördliche Krone	Doppelstern	$15^h 39{,}4^m$	+36° 38′	5,0 / 6,0
Xi Scorpii (ξ Sco)	Skorpion	Doppelstern	$16^h 04{,}4^m$	–11° 22′	4,8 / 7,3
Graffia (Beta Scorpii, β Sco)	Skorpion	Doppelstern	$16^h 05{,}4^m$	–19° 48′	2,6 / 4,9
Lesath (Ny Scorpii, ν Sco) A/B und C/D	Skorpion	Doppel-Doppelstern	$16^h 12{,}0^m$	–19° 28′	4,4 / 5,4 und 6,7 / 7,8
M 4 (NGC 6121)	Skorpion	Kugelsternhaufen	$16^h 23{,}6^m$	–26° 32′	5,4
Antares (Alpha Scorpii, α Sco)	Skorpion	Stern	$16^h 29{,}6^m$	–26° 27′	1,1
M 13 (Großer Herkuleshaufen, NGC 6205)	Herkules	Kugelsternhaufen	$16^h 41{,}7^m$	+36° 28′	5,8
Ras Algethi (Alpha Herculis, α Her)	Herkules	Doppelstern	$17^h 14{,}6^m$	+14° 23′	3,5 / 5,4
M 92 (NGC 6341)	Herkules	Kugelsternhaufen	$17^h 17{,}1^m$	+43° 08′	6,5
Kuma (Ny-1,2-Draconis, $\nu^{1,2}$ Dra)	Drache	Doppelstern	$17^h 32{,}2^m$	+55° 11′	4,9 / 4,9
M 23 (NGC 6494)	Schütze	offener Sternhaufen	$17^h 56{,}9^m$	–19° 01′	5,5
Katzenaugennebel, NGC 6543	Drache	Planetarischer Nebel	$17^h 58{,}6^m$	+66° 38′	8,1
95 Herculis (95 Her)	Herkules	Doppelstern	$18^h 01{,}5^m$	+21° 36′	5,0 / 5,2
M 8 (Lagunennebel, NGC 6523)	Schütze	heller Nebel	$18^h 03{,}8^m$	–24° 23′	4,6
70 Ophiuchi (70 Oph)	Schlangenträger	Doppelstern	$18^h 05{,}5^m$	+2° 30′	4,0 / 6,0
M 24 (Kleine Sagittarius-Sternwolke, NGC 6603)	Schütze	Sternwolke	$18^h 17{,}4^m$	–18° 36′	4,6
M 17 (Omega- oder Schwanennebel, NGC 6618)	Schütze	Sternhaufen mit Nebel	$18^h 21{,}1^m$	–16° 11′	6,0
M 22 (NGC 6656)	Schütze	Kugelsternhaufen	$18^h 36{,}4^m$	–23° 54′	5,2
Wega (Alpha Lyrae, α Lyr)	Leier	Stern	$18^h 37{,}0^m$	+38° 47′	0,0
Epsilon-1,2-Lyrae ($\varepsilon^{1,2}$ Lyr) A/B und C/D	Leier	Doppel-Doppelstern	$18^h 44{,}3^m$	+39° 40′	5,0 / 6,1 und 5,2 / 5,5
M 11 (Wildentenhaufen, NGC 6705)	Schild	offener Sternhaufen	$18^h 51{,}1^m$	–6° 16′	5,8
M 57 (Ringnebel, NGC 6720)	Leier	Planetarischer Nebel	$18^h 53{,}6^m$	+33° 02′	8,8
Alya (Theta-1,2-Serpentis, $\theta^{1,2}$ Ser)	Schlange (Schwanz)	Doppelstern	$18^h 56{,}2^m$	+4° 12′	4,6 / 5,0
Albireo (Beta Cygni, β Cyg)	Schwan	Doppelstern	$19^h 30{,}7^m$	+27° 58′	3,1 / 5,1
M 71 (NGC 6838)	Pfeil	Kugelsternhaufen	$19^h 53{,}8^m$	+18° 47′	8,4
M 27 (Hantelnebel, NGC 6853)	Füchschen	Planetarischer Nebel	$19^h 59{,}6^m$	+22° 43′	7,3
Omikron-1-Cygni (o^1 Cyg)	Schwan	Mehrfachstern	$20^h 13{,}6^m$	+46° 44′	3,8 / 4,8 / 7,0
Algedi (Alpha Capricorni, α Cap)	Steinbock	Doppelstern	$20^h 18{,}1^m$	–12° 33′	3,6 / 4,2 (?)
Sualocin (Gamma Delphini, α Del)	Delfin	Doppelstern	$20^h 46{,}7^m$	+16° 07′	4,3 / 5,1
Saturnnebel, NGC 7009	Wassermann	Planetarischer Nebel	$21^h 04{,}2^m$	–11° 22′	8,0
61 Cygni (61 Cyg)	Schwan	Doppelstern	$21^h 06{,}9^m$	+38° 45′	5,2 / 6,0
M 15 (NGC 7078)	Pegasus	Kugelsternhaufen	$21^h 30{,}0^m$	+12° 10′	6,3
M 2 (NGC 7089)	Wassermann	Kugelsternhaufen	$21^h 33{,}5^m$	–0° 49′	6,6
Erakis (Herschels Granatstern, My Cephei, μ Cep)	Kepheus	Stern	$21^h 43{,}5^m$	+58° 47′	4,0
Zeta Aquarii (ζ Aqr)	Wassermann	Doppelstern	$22^h 28{,}8^m$	–0° 01′	4,3 / 4,5
Delta Cephei (δ Cep)	Kepheus	Doppelstern, Veränderlicher	$22^h 29{,}2^m$	+58° 25′	3,5 – 4,4 (5,4 Tage) / 6,3
Blauer Schneeball, NGC 7662	Andromeda	Planetarischer Nebel	$23^h 25{,}9^m$	+42° 33′	8,3
Sigma Cassiopeiae (σ Cas)	Kassiopeia	Doppelstern	$23^h 59{,}0^m$	+55° 45′	5,0 / 7,1

ALLE FOTOS DIESER SEITE: AKIRA FUJII

Der Ringnebel in der Leier (links) taucht schon in kleinen Teleskopen auf. Um die große Sculptor-Galaxie NGC 253 (rechts) zu entdecken, müssen Sie sich auf Grund der geringen Deklination etwas mehr anstrengen.

> Zu den Kugelsternhaufen, die von der nördlichen Hemisphäre aus am besten zu beobachten sind, gehören der Herkuleshaufen M13 und M22 im Schützen. Alle Kugelsternhaufen in unserer Liste stellen in Sechszöllern bei mittlerer bis hoher Vergrößerung auch bei hellem Himmel großartige Ziele dar. Der schönste von allen, Omega Centauri (ω Cen) mit 3,7ter Größe, befindet sich bei –47° 29′ für uns Mitteleuropäer leider unzugänglich am Südhimmel.

An der Spitze der glühenden Sternenwiegen am nördlichen Himmel steht unangefochten M42, der Orionnebel. Eingebettet im Zentrum dieser grün gesprenkelten Wolke ist das Trapez, ein Vierfachstern in kleinen Teleskopen, in Wirklichkeit ein Mehrfachsystem und vielleicht sogar schon ein kleiner Sternhaufen. Daneben gibt es nur zwei weitere diffuse Nebel, die Sie aus stark lichtverschmutzten Gegenden im Schützen beobachten können: den großen, hellen Lagunennebel M8 mit dem dazugehörigen Sternhaufen NGC 6530 sowie den Omeganebel M17.

Die beiden schönsten Planetarischen Nebel am Nordhimmel sind der bekannte Ringnebel in der Leier, M57 (Foto oben links), und die Hantel M27. Das zentrale Loch des Rings werden Sie schon mit einem kleinen Teleskop finden, die Hantel taucht selbst in Feldstechern auf. Noch viele weitere dieser sterbenden Sonnen, kleinere und hellere, scheinen durch den Lichtschleier der Städte oder des Monds hindurch. Der deutlich grüne Saturnnebel NGC 7009 und Jupiters Geist NGC 3242 sind solche Objekte. Mit dem Katzenaugennebel NGC 6543, dem Blauen Schneeball NGC 7662 und dem Eskimonebel NGC 2392 haben Sie drei weitere Exemplare. Den Krebsnebel M1 halten zwar viele für einen Planetarischen Nebel, doch bei ihm handelt es sich um einen Supernova-Überrest. Er ist das hellste dieser Objekte und bei aufgehelltem Himmel schon mit mittlerer Vergrößerung sichtbar.

Zwei ungleiche Freunde sind M81 und M82 im Großen Bären – doch gerade das macht sie so sehenswert. M81 zeigt deutliche Spiralform, M82 ähnelt dagegen einer Zigarre.

Jede Menge Galaxien

Viele Beobachter versuchen sich bei starker Lichtverschmutzung oder hellem Mondlicht erst gar nicht an Galaxien. Aber mindestens ein Mitglied dieser Klasse ist beinahe immer zu sehen: die berühmte Andromeda-Galaxie M31 (Foto S. 46 oben; AH 11/2005, S. 44). Ich selbst habe sie oft bei hellem Mondschein betrachtet, verwundert darüber, dass ich immer noch Details erkennen konnte, etwa den unheimlichen grünlich weißen Schimmer des Kerns und die dunklen Bänder der Spiralarme.

Auch die große Sculptor-Galaxie in ihrem namensgebenden Sternbild Bildhauer, NGC 253 (Foto oben rechts), lohnt einen Blick. Die meisten trauen sich auf Grund der geringen Deklination gar nicht erst an sie heran. Viel höher am Himmel stehen die kometenähnliche Galaxie M94 in den Jagdhunden sowie M81 und M82, das atemberaubende Paar im Großen Bären (Foto unten). Die eine der beiden ist eine geneigte Spirale, die andere zigarrenförmig. Die Whirlpool-Galaxie M51 ist wegen ihrer geringen Flächenhelligkeit bei hellem Himmel ein Flop. Viel besser lassen sich bei solchen Bedingungen Objekte wie die Sombrero-Galaxie M104 beobachten, bei der wir auf die Kante sehen (AH 5/2004, S. 16 und S. 43).

Weitere helle Sternsysteme, die Sie einmal ansehen sollten, sind die Black-Eye-Galaxie M64 und die Sonnenblume M63. Besonders gerne mag ich NGC 2903 im Löwen, da sie einfach zu finden ist und ganz alleine steht, also nicht mit anderen verwechselt werden kann.

Das Beste zum Schluss: Die schönste Galaxie, ja das schönste aller Deep-Sky-Objekte, ist unsere Heimat, die Milchstraße. Obwohl die Lichtverschmutzung das meiste von ihr vor dem unbewaffneten Auge versteckt, ist die Situation mit einem Teleskop völlig anders. Schweifen Sie über ihre ausgedehnten Sternwolken um den Schwan, den Schützen und den Schild herum und bestaunen Sie den schönen Anblick, den Ihnen niedrige bis mittlere Vergrößerungen eröffnen. Eine der schönsten Gegenden unserer großen galaktischen Heimat ist die kleine Sternwolke im Schützen (M24) – das reinste Sternenwunderland.

Verschmutzung in ihren vielen Ausprägungen hat uns in unserer modernen Welt einen großen Teil der Lebensqualität geraubt. Doch die hier erwähnten Prachtstücke zeigen, dass sich Sternfreunde die Freude am Himmel nicht von der Stadthelligkeit verderben lassen müssen. Egal, wo Sie leben – die Sterne können Sie überall genießen. <<

James Mullaney hat seit 1952 fast 25 000 Stunden beobachtet – genug Erfahrungen für mehr als fünfhundert Artikel und ein Buch.

AUS: JOHANNES HEVELIUS, „FIRMAMENTUM SOBIESCIANUM", 1690

Der Große Bär (Ursa Maior) erstreckt sich über einen ganzen Himmelsquadranten und ist nach der Seeschlange (Hydra) und der Jungfrau (Virgo) das drittgrößte Sternbild.

Ursa Maior: Bär, Wagen und vieles mehr

Im bekanntesten Sternbild der nördlichen Hemisphäre sehen nicht alle Menschen das Gleiche. **>> Tony Flanders**

Die Menschen in Europa und im Orient haben einen Teil der Sternbilder von den alten Griechen und Römern übernommen. Aber was ist mit anderen alten Kulturen? Sah man dort den Himmel genau so wie wir?

Die Antwort lautet: teils, teils. Viele Sterne, die sich nicht auf den ersten Blick in erkennbare Formen fügen, wurden in der Fantasie überall auf unterschiedliche Weise angeordnet. Mancherorts blieben sie sogar völlig unbeachtet. Immerhin findet sich am Nachthimmel jedoch etwa ein halbes Dutzend Sternmuster, das für die Menschen aller Kulturkreise bedeutsam war. Ihre Deutungen unterscheiden sich indes stark voneinander.

Bei keiner Konstellation wird dies so deutlich wie beim Großen Wagen, der bekanntesten Sternformation überhaupt. Wie bei vielen anderen bekannten Gruppen kommt ihre Anordnung nicht ganz zufällig zu Stande: Fünf der sieben Sterne sind etwa gleich alt, etwa gleich weit von uns entfernt und bewegen sich in derselben Richtung durch das Universum. All das sind Hinweise darauf, dass sie auch gleichzeitig entstanden sind.

Übrigens handelt es sich beim Großen Wagen um einen so genannten Asterismus: eine markante Sternenanordnung, die gar kein eigenständiges Sternbild ist. Er ist lediglich ein Teil von Ursa Maior, dem Großen Bären (eigentlich: Große Bärin). Diese viel größere Gruppe entstand, weil man den Stern Muscida als Bärenschnauze und drei schwach leuchtende, aber sehr auffällige Sternpaare als Tatzen hinzunahm. Wenn man das größere Muster betrachtet, ähnelt es tatsächlich einem Tier – wenngleich ich darin immer eher ein Känguru sehe und weniger einen Bären.

Bevor die Araber im Altertum die griechischen Sternbilder kennen lernten, brachten sie diese entscheidenden Sternpaare überhaupt nicht mit Tatzen in Verbindung. Stattdessen sahen sie in ihnen die Fußabdrücke einer Gazelle, die vor Leo, dem Löwen, zu fliehen versuchte (siehe Sterntafel, S. 42/43). Die Namen der Sterne zeugen bis heute davon: Alula, Tania und Talitha kommen aus dem

GRAFIKEN AUF DIESER SEITE: NIGHT SKY / AH

So sehen wir den Großen Bären, wenn er im Herbst tief am Himmel steht. An Frühlingsabenden steht er beinahe im Zenit. Dann hängt seine Orientierung davon ab, wie man gerade nach oben sieht.

Arabischen und bedeuten erster, zweiter und dritter Sprung (die Namensteile Borealis und Australis wurden später hinzugefügt. Sie stammen aus dem Lateinischen und bedeuten nördlich beziehungsweise südlich).

Tatsächlich ist das große Sternbild Ursa Maior eine relativ neue Erfindung. Die meisten Forscher sind sich jedoch einig, dass die Griechen die sieben Sterne des Großen Wagens schon früh mit einem Bären in Verbindung brachten – lange bevor sie vor zweitausend Jahren die Schnauze und die Tatzen hinzufügten.

Jäger und Gejagter

Doch wie kamen die alten Griechen ausgerechnet auf einen Bären? Wenn der große Wagen Teil des Tiers ist, dann muss die Deichsel seinen Schwanz darstellen – allerdings gehören Bären zu den wenigen Säugetieren, die gar keinen langen Schwanz haben.

Manche Historiker vermuten, dass die Sterne deshalb mit einem Bären in Verbindung gebracht wurden, weil sie für einen Großteil der Erdbewohner stets am Nordhimmel erscheinen. So glaubte der griechische Philosoph Aristoteles (384–322 v. Chr.) beispielsweise, dass der Bär das einzige Tier sei, welches im eisigen Norden überleben könne. Somit könne also nur dieser den Nordhimmel bewohnen. Übrigens hat unser Wort »Arktis« seine Wurzeln im griechischen »arktos«, was auf Deutsch »Bär« heißt.

Doch der Bär wurde nicht nur in der Fantasie europäischer Gesellschaften ersonnen. Auch manche Indianerstämme in Kanada – etwa in Quebec oder Ontario – und im Nordosten der USA bringen den Großen Wagen mit im in Verbindung. Ihren Legenden nach sind die vier Sterne des eigentlichen Wagens ein Bär, während die Sterne der Deichsel drei Krieger darstellen, die das Tier über den Himmel jagen.

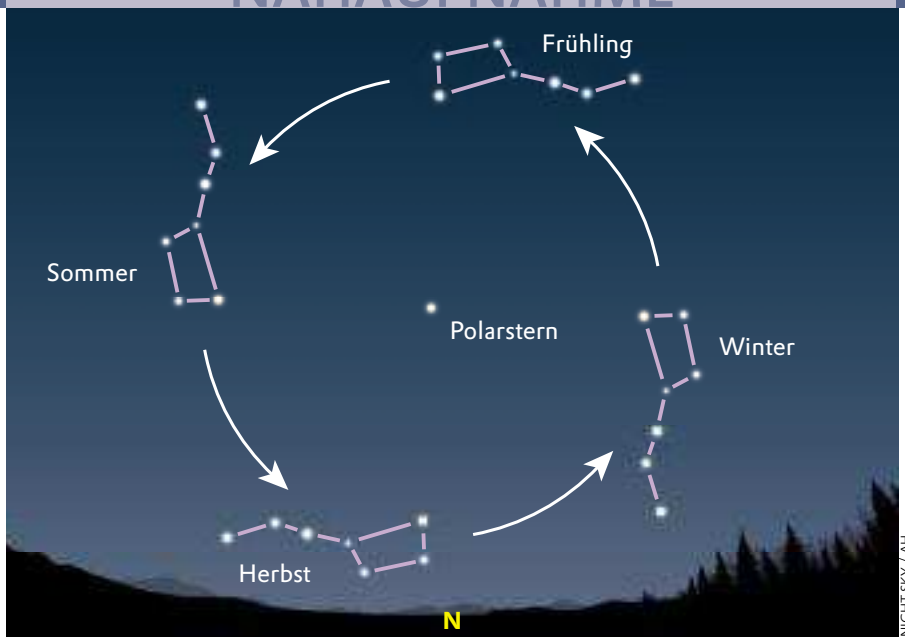
Der Stamm der Housatonics im Westen des US-Bundesstaats Massachusetts glaubte, dass die Krieger den Bären im Herbst, wenn er sich abends dem nordwestlichen Horizont nähert, stellen und mit ihren Speeren durchbohren. Das dabei vergossene Blut sei es, das die Blätter im Herbst – dem Indian Summer – rot färbt. Einer anderen indianischen Legende zufolge wird das Tier zwar getötet, sein Geist schlüpft aber in einen anderen Bären, der unter der Erde seinen Winterschlaf hält. Daher wird das Sternbild stets im Frühling im Nordosten wiedergeboren, um in den kommenden Monaten bis zum Zenit aufzusteigen.

Die Sterne der Ursa Maior verändern im Lauf der Zeit ihre Positionen am Himmel.

Es ist sogar möglich, dass die Himmelsbären der Griechen und der Indianer Nordamerikas über gemeinsame Wurzeln verfügen. Offiziell hat Kolumbus Amerika zwar im Jahr 1492 entdeckt, die Inuit des hohen Nordens kannten den Kontinent jedoch schon viel länger. Sie fuhren einfach mit ihren Schlitten über das zugefrorene Meer – die Beringstraße zwischen Sibirien und Alaska war also kein Hindernis, sondern eher eine Art Autobahn. Deshalb zeigt auch die Religion der Inuit in der Neuen Welt eine große Ähnlichkeit mit den Religionen der Jäger- und Hirtenvölker der Alten Welt. Ihr gemeinsames Element ist der Schamane, ein Medizinmann oder Zauberer, der sich in Trance versetzt, bevor er die Geisterwelt betritt, um mit den Toten zu sprechen oder Kranke zu heilen.

Älter als die Schrift

Zwar denken die meisten Inuit beim Anblick des Großen Wagens an ein Rentier und nicht an einen Bären. Jedoch erzählen ihre Geschichten, dass die Plejaden aus einem Bären und einer Horde Jagdhunde hervorgingen. Schon immer und überall fiel die verblüffende Ähnlichkeit der Plejaden (im Sternbild Stier) mit dem Großen Wagen auf – sie sehen aus wie eine Miniaturausgabe davon. >



NIGHT SKY / AH

Einmal um den Polarstern bewegt sich der Große Wagen in 23 Stunden und 54 Minuten. Wenn Sie das Sternbild ein Jahr lang täglich zur gleichen Zeit beobachten, sehen Sie, dass es einen vollständigen Kreis beschreibt.

> Ein Himmelsbär taucht auch in den alten Sagen der Finnen auf, die sowohl mit den arktischen Nachbarn als auch mit den Zivilisationen im Süden Europas in Kontakt standen. Die Griechen hingegen stammen von den Indoeuropäern ab, die sich vor etwa 7000 Jahren über fast ganz Europa und einen Großteil Asiens ausbreiteten.

Der rumänische Religionshistoriker Mircea Eliade (1907–1986) ist der Ansicht, dass auch die Urreligion der Indoeuropäer von schamanistischen Elementen geprägt war. Wenn also sowohl die griechischen als auch die indianischen Himmelsbären aus dieser gemeinsamen Tradition hervorgegangen sind, dann muss das Sternbild wirklich uralt sein und aus Zeiten vor der Erfindung der Schrift stammen.

Weg in die Freiheit

In Mesopotamien, dem Ursprungsland vieler Sternbilder, sind die Wurzeln des Großen Bären – das vermuten die meisten Forscher – nicht zu suchen. In den ältesten Quellen jener Region ist jedoch bereits dieser Teil des Großen Wagens beschrieben. Der frühgriechische Dichter Homer (8. Jahrhundert v. Chr.) nennt die sieben Sterne mal Wagen und mal Bär.

Ab dem frühen Mittelalter lautete einer der alten englischen Namen für die markante Anordnung »wain«, eine altertümliche Bezeichnung des Wagens. Andere Menschen jener Zeit sahen in ihr einen Pflug – ein Ausdruck, der seinen Ursprung in der späten Römerzeit hat.

In alten chinesischen Texten bilden die sieben Sterne einen Bottich, was der amerikanischen Bezeichnung »Big Dipper« ähnelt. In Nordamerika tauchte diese »Große Schöpfkelle« jedoch erst vor etwa zweihundert Jahren auf – und dürfte daher kaum über China in die Neue Welt gelangt sein. Vielmehr könnte der Name »Big Dipper« auf den Baumwollfeldern der amerikanischen Südstaaten entstanden sein. Jedenfalls wies den Sklaven aus Afrika seinerzeit die Kallebasse, eine Schöpfkelle in Gestalt eines ausgehölten Kürbisses, den Weg nach Kanada, in die Freiheit. Man solle einfach nach Norden wandern und dem Großen Wagen folgen:

Wenn die Sonne wiederkehrt
und die erste Wachtel singt,
dann folge der Kürbiskelle.
denn der alte Mann wartet,
dich in die Freiheit zu leiten,
wenn du der Kürbiskelle folgst.

Die Vorfahren von **Tony Flanders** waren Quäker und halfen Sklaven auf ihrer Flucht nach Kanada.

NIGHT SKY / C. M. UTTER

Kallebasen aus Kürbisssen werden noch heute in Westafrika zum Wasserschöpfen benutzt.

FELDSTECHERTIPP

Im Reich der Galaxien

Das lang gezogene Band der Milchstraße schmiegt sich im Frühjahr an den Horizont und ist in unseren Breiten dadurch praktisch unsichtbar. Dafür stehen Regionen hoch am nächtlichen Himmel, die weit von der galaktischen Ebene entfernt sind. Das gibt uns die Möglichkeit, weit ins Universum hinauszublicken und ins »Reich der Galaxien« einzutauchen.

Eine riesige Ansammlung von Sternsystemen, auch Virgo-Galaxienhaufen oder Virgo-Superhaufen genannt, erstreckt sich über die Sternbilder Großer Bär, Jagdhunde, Haar der Berenike, Löwe, Jungfrau bis hin zum unscheinbaren Sternbild Rabe (Karte S. 42).

Auch unsere Milchstraße ist – zusammen mit ihren Nachbarinnen, der Andromeda-Galaxie M 31 und der Triangulum-Galaxie M 33 als Lokale Gruppe – ein entferntes Mitglied des Virgohaufens. Insgesamt umfasst er mehrere tausend Galaxien in vierzig bis sechzig Millionen Lichtjahren Entfernung. Sein Zentrum liegt zwischen den Sternbildern Jungfrau und Löwe westlich des Sterns Vindemiatrix (Epsilon Virginis, ε Vir).

Die Ausmaße dieser Galaxienansammlung können Sie sich ganz einfach vor Augen führen: Wenn Sie Ihren Arm zum Himmel strecken, deckt Ihre Faust einen Bereich von etwa zehn Grad ab. Das ist gerade der Durchmesser des zentralen Bereichs des Virgo-Galaxienhaufens. Allein in dieser Region verzeichnete Charles Messier 16 Einträge in seinem Katalog.

Für den Feldstecherbeobachter ist der Eintritt ins Reich der Galaxien allerdings nicht ganz einfach. Die hellsten Galaxien sind unter optimalen Bedingungen erst in einem Feldstecher ab fünfzig Millimeter Öffnung sichtbar. Erwarten Sie keine, die sofort ins Auge springen! Sie benötigen viel Geduld, um die schwach leuchtenden Welteninseln zwischen den Sternen auszumachen. Dann ist es aber umso faszinierender, Objekte zu erblicken, die ihr Licht vor 65 Millionen Jahren aussandten – als die Dinosaurier ausstarben.

>> Lambert Spix

Im Herzen des Virgohaufens liegen etwa dreitausend Galaxien, darunter 16 Messierobjekte.

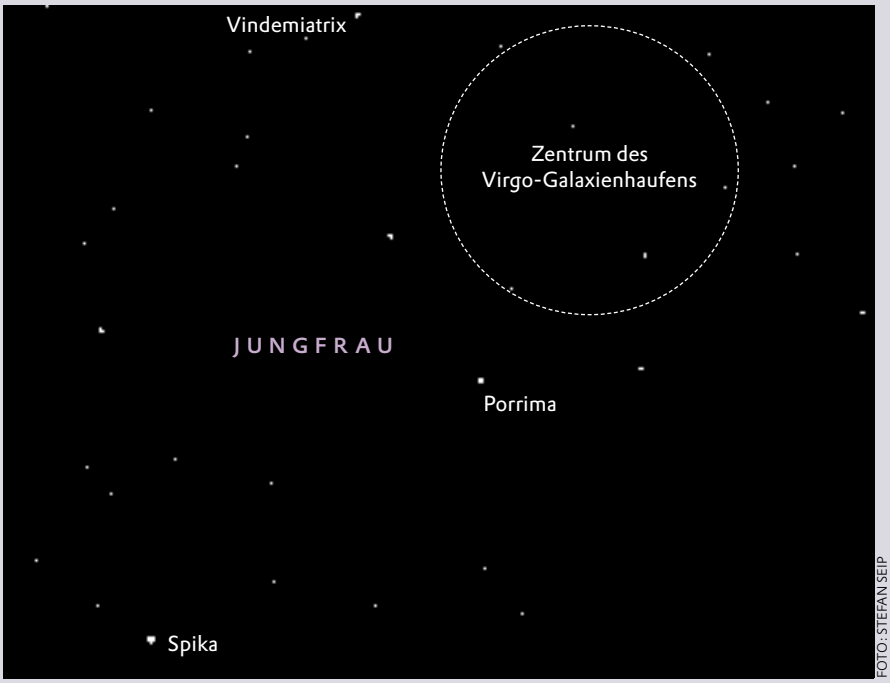
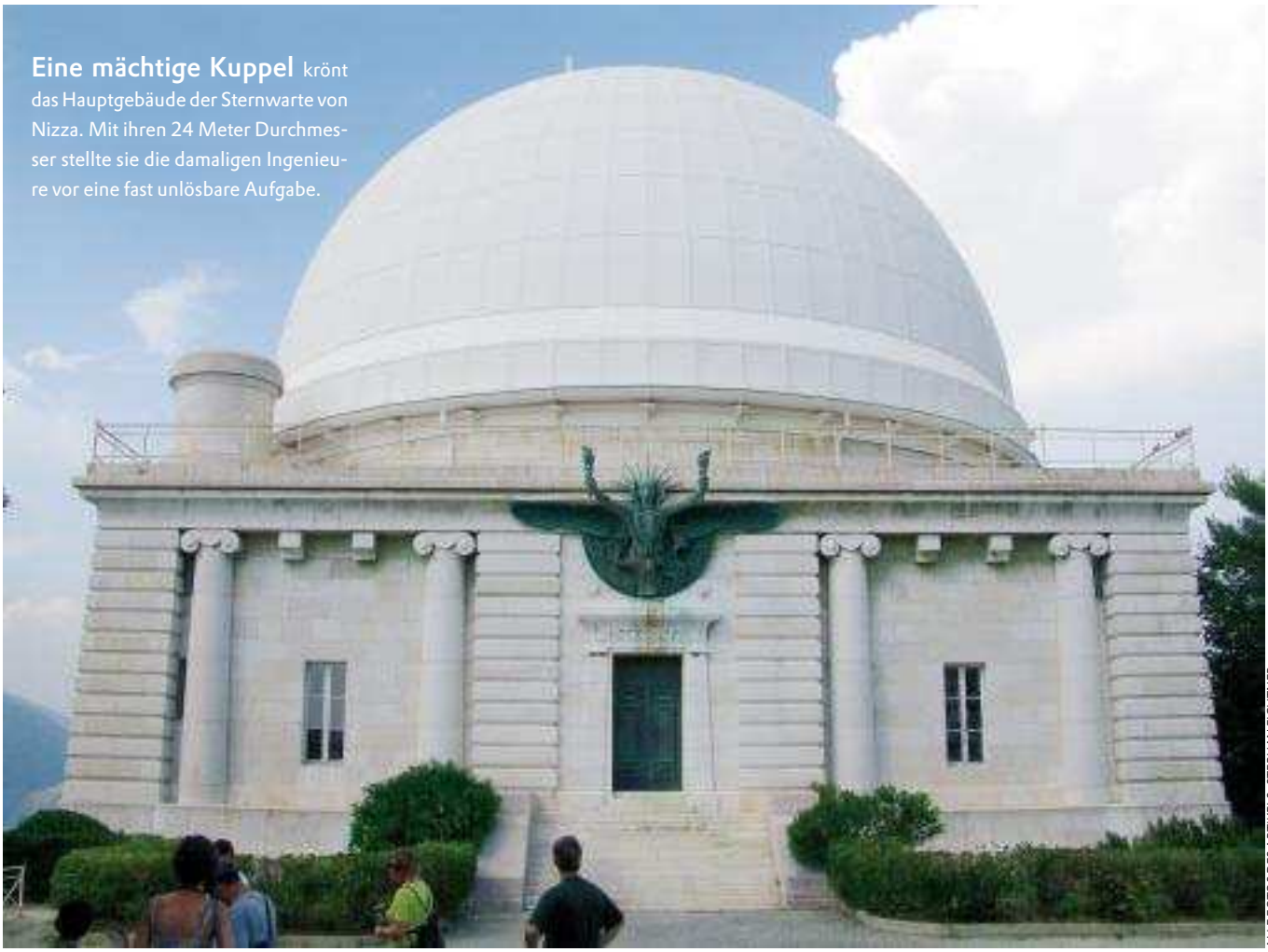


FOTO: STEFAN SEIP

Astronomik
Neuheiten!
UHC-E Filter
Diese neue Variante aus der UHC Familie besitzt gegenüber des bekannten Astronomik UHC Filters eine etwas größere Halbwertsbreite und eine etwas geringere Transmission. Das macht ihn in der Herstellung preiswerter und somit auch für einen engen Geldbeutel erschwinglich! Trotz der kostengünstigeren Produktion übertrifft das UHC-E Filter in seiner Qualität die meisten Schmalband-Filter anderer Anbieter! Das UHC-E Filter empfiehlt sich besonders als preiswerte Alternative zum Profi UHC Filter für Geräte bis 15 Zentimeter Öffnung.
ab 65.- €

6nm H-alpha Filter
Nach dem weltweiten Bestseller, hat nun auch die H-alpha Familie Nachwuchs bekommen: Das 6 nm H-alpha Filter für die CCD Fotografie! Durch die geringe HWB erreichen Sie auch bei extremer Lichtverschmutzung gute Ergebnisse oder können bei dunklen Himmel die Helligkeit der Sterne im Objektumfeld deutlich senken und die Nebel hervorheben. Wir messen die Transmission jedes einzelnen Filters und können Ihnen Exemplare mit bis zu 95% Transmission anbieten.
ab 149.- €

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte €1.53 in Briefmarken an:
astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
astro@astro-shop.com
www.astro-shop.com



Eine mächtige Kuppel krönt das Hauptgebäude der Sternwarte von Nizza. Mit ihren 24 Meter Durchmesser stellte sie die damaligen Ingenieure vor eine fast unlösbare Aufgabe.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEPHAN FICHTNER

Über den Dächern von Nizza

Für kurze Zeit war die Sternwarte von Nizza eine der bedeutendsten der Welt. Am Bau dieses Prestigeobjekts der französischen Wissenschaft beteiligten sich viele berühmte Persönlichkeiten.

>> Stephan Fichtner

Heiß ist es an diesem Vormittag an der Côte d'Azur, der blauen Küste Südfrankreichs. In den vergangenen Tagen habe ich mich immer ab 12 Uhr zur Siesta in mein kühles Appartement zurückgezogen. Die Sonne ist auch Anfang September für blasse Mitteleuropäer einfach noch zu intensiv.

Trotz der unerträglichen Hitze habe ich mich zu einer Führung am Observatoire de la Côte d'Azur in Nizza angemeldet. Die Sternwarte dort ist eine der ersten, die außerhalb einer Stadt auf einem Berg errichtet wurden. Von 1879 bis 1881 entstand auf dem nur zwölf Kilometer vom Zentrum entfernten, 372 Meter hohen Mont Gros ein Observatorium, das zur damaligen Zeit als Prestigeobjekt Frankreichs galt. Es sollte eine der größten und leistungsfähigsten Sternwarten der Welt werden. Nur zwei Jahre zuvor hatte Deutschland in Straßburg, das nach dem Krieg von 1870/71 an das Deutsche Reich gefallen war, den Grundstein für ein modernes Observatorium gelegt. Mit der Sternwarte in Nizza wollte Frankreich wieder zu Deutschland aufschließen.

Der großzügige Geldgeber, ohne den ein solches Bauprojekt damals nicht realisiert werden konnte, war der vermögende Bankier und Amateurastronom Raphaël Bischoffsheim (1823–1906). Er wollte der französischen Wissenschaft in Nizza ein »unvergängliches Monument« errichten. Und so arbeiteten im ausgehenden 19. Jahrhundert Experten des ganzen Landes an der neuen Sternwarte, darunter Charles Garnier (1825–1898),

Die Coupole Bischoffsheim mit ihrem markanten Standort auf dem Mont Gros ist auch noch aus der mehrere Kilometer entfernten Innenstadt gut zu erkennen.

der Erbauer der Großen Oper in Paris, und Gustave Eiffel (1832–1923), den sein zur Weltausstellung 1889 präsentierter Eiffelturm weltberühmt machte.

Die Führungen an der Sternwarte beginnen jeden Samstagnachmittag um Punkt drei Uhr. Ich habe also genug Zeit für einen Bummel durch die sehr sehenswerte Altstadt, immer darauf bedacht, mich in schattigen kühlen Gassen oder Cafés mit Klimaanlage abzukühlen.

In der flirrend heißen Luft ist die 24 Meter große weiße Kuppel des Observatoriums – die »Coupole Bischoffsheim« – problemlos auch von der Stadt aus zu erkennen. Mit ihrem enormen Durchmesser und einem Gewicht von mehr als hundert Tonnen übertraf sie seinerzeit weltweit alle Sternwartenkuppeln und sogar die des Pariser Panthéon.

Schwimmende Kuppel

Gegen die Bedenken der damaligen Baukommission setzte Gustave Eiffel auf eine ganz neue Tragkonstruktion: Auf Schwimmern sitzend glitt die Kuppel auf einer mit Magnesiumchloridlösung gefüllten Rinne. Durch den Auftrieb verteilte sich die Last der Kuppel gleichmäßig und erleichterte deren Drehung. Erst viel später wurde diese Technik zu Gunsten von Rollen aufgegeben.

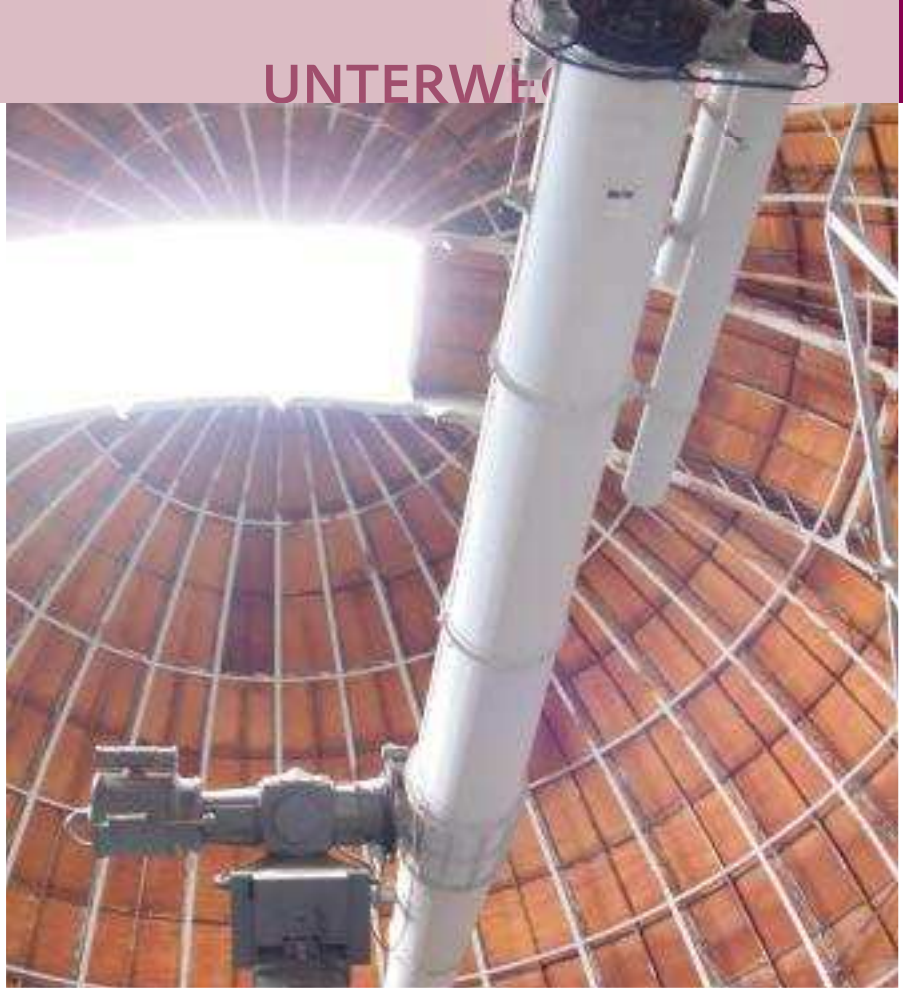
Auf der Sternwarte angekommen, schließe ich mich einer Besuchergruppe an, die in neunzig Minuten mit der Geschichte dieses Observatoriums vertraut gemacht werden soll. Nach einer kurzen Verschnaufpause geht es sofort bergauf zu ersten Station: einer Sonnenuhr aus jener Zeit, welche die Stirnseite des ehemaligen Pferdestalls schmückt (siehe Bild unten links). Schließlich mussten vor der Erfindung des Automobils noch Pferdefuhrwerke den Transport von Gütern und Personen zwischen Sternwarte und Stadt sicherstellen.

Je höher wir steigen, desto atemberaubender erstreckt sich die Bucht von Nizza unter uns. Es ist immer noch unsäglich heiß, die Zikaden zirpen in der Hitze des frühen Nachmittags. Als wir den Gipfel des Mont Gros erreichen, stehen wir ehrfürchtig vor der klassizistischen Fassade des Hauptgebäudes. Gut 6000 Bände aus dem 16. und 17. Jahrhundert füllen die Bibliothek, die darin untergebracht ist.

Hier lernen wir etwas über die Hierarchie, die damals auf der Sternwarte herrschte. So war es das Vorrecht des Sternwartendirektors, die kühleren Zimmer des Nordflügels zu bewohnen, an den die Bibliothek angrenzt. Die »einfachen« Astronomen mussten dagegen mit den von der Sonne aufgeheizten Zimmern im Südflügel vorlieb nehmen.

Die vielleicht wichtigste Persönlichkeit, deren Wirken bis heute eng mit dem Observatorium in Nizza verbunden ist, war der Astronom und Gründer des Optischen Instituts Henri Chrétien (1879– >

Eine Sonnenuhr ziert die Stirnseite des Stalls, in dem früher die Pferde der Sternwarte untergebracht waren (links). Über dem Eingang zur Hauptkuppel empfängt der griechische Sonnengott Apollon mit Strahlenkranz und zwei Fackeln die Besucher.



Den großen 76-Zentimeter-Refraktor von Nizza bewegt auch heute noch Technik aus der Mitte des 20. Jahrhunderts. Rechts das zentrale Schaltpult zur Steuerung von Kuppel und Fernrohrnachführung

> 1956). Gemeinsam mit dem Amerikaner George Willis Ritchey (1864–1945) entwickelte er das legendäre Ritchey-Chrétien-System, das erstmals komafreie Sternabbildungen über ein großes fotografisches Bildfeld erlaubte. Nachdem Ritchey in die Vereinigten Staaten zurückgekehrt war, setzte sich dieser neue Teleskoptyp langsam, aber sicher bei allen Großteleskopen durch.

Von Nizza nach Hollywood

Chrétiens Ruhm eilte ihm sogar bis zur Traumfabrik Hollywood voraus. Im Jahr 1927 entwickelte er mit dem »Hypergonar« ein Linsensystem, das die Aufnahme von Filmszenen mit Breitwandeffekt auf normalem 35-Millimeter-Film ermöglichte. Die Rechte an dieser später »CinemaScope« genannten Technologie sicherte sich 1952 der Filmriese Twentieth Century Fox. Der Klassiker »Ben Hur« von 1959 war der erste Film, der mit der in Nizza entwickelten Technik in die Kinos kam.

Unsere Führung nähert sich ihrem Höhepunkt. Als wir um eine Ecke biegen, stehen wir unvermittelt vor der monumentalen Coupole Bischoffsheim, die zwischen 1884 und 1886 errichtet wurde. Ihr Unterbau erinnert mit seiner schmuckreichen Fassade, den ionischen Säulen und der Darstellung des aus dem Tierkreis aufsteigenden Sonnengotts Apollon mehr an einen antiken Tempel als an eine Sternwarte.

Innen empfängt uns der »Große Refraktor« mit einer Öffnung von 76 Zentimetern und einer Brennweite von 18 Metern. Für kurze Zeit war dieses Teleskop das längste Linsenfernrohr der Welt – noch vor dem Refraktor im russischen Pulkowa.

Fast dreihundert neue Doppelsterne

Da sich mit diesem Fernrohr sogar Abstände von 0,16 Bogensekunden auflösen lassen, wurde es früher vor allem zur Beobachtung von Doppelsternen eingesetzt. Mit ihm und einem zweiten, etwas kleineren Refraktor mit fünfzig Zentimeter Objektivöffnung entdeckten die Astronomen von Nizza annähernd dreihundert neue Sternpaare.

Astronomische Wettervorhersage Schoben die Astronomen der Sternwarte von Nizza eine Schutzhütte über ihr Teleskop, war das von weit her zu sehen. Für die Fischer auf See bedeutete dies Sturmwarnung und sie holten schleunigst ihre Netze ein.

Die letzte Station an diesem Tag zeigt uns ein eher ungewöhnliches Teleskop. Der frei aufgestellte Coudé-Refraktor mit vierzig Zentimeter Öffnung und zehn Meter Brennweite ist eines von weltweit nur sieben Instrumenten dieses Typs, die heute noch in Betrieb sind. Bei diesem Fernrohr wird das Licht durch zwei Planspiegel in die Stundenachse gelenkt, an deren Nordende das Okular oder wissenschaftliche Instrumente angebracht werden können. Das bedeutet, dass sich der Beobachter im Gegensatz zu konventionellen Teleskoptypen stationär und relativ geschützt in einem festen Gebäude befindet. Eine bewegliche Hütte schützt den Rest des Instruments vor Wind und Wetter (siehe Bildsequenz unten).

Und jetzt: das Wetter

Ursprünglich beobachtete man mit diesem Teleskop vor allem Kometen, Asteroiden, Planeten, Doppelsterne und den Mond. Am 4. September 1896 entdeckte Michel Giacobini damit auch tatsächlich den nach ihm benannten kurzperiodischen Kometen.

Im Jahr 1973 wurde der Coudé-Refraktor schließlich zur Sonnenbeobachtung umgerüstet. In den Jahren darauf gelangen den Astronomen damit erste Beobachtungen der Sonnengranulation. Auch die noch junge Helioseismologie, die sich mit dem Schwingungsverhalten der Sonne beschäftigt, profitierte von den an diesem Instrument gewonnenen Ergebnissen.

Doch das Sonnenteleskop auf dem Mont Gros war früher auch noch zu ganz anderen Zwecken gut. So diente es den Fischern, die vor der Bucht von Nizza ihre Netze ausgeworfen hatten, zur Wettervorhersage: Sahen sie in ihren Ferngläsern, dass die Astronomen die Schutzhütte über das freistehende Teleskop fuhren, war mit ziemlicher Sicherheit ein Unwetter im Anzug.

Seit Beginn der 1990er Jahre nutzt die Amateurvereinigung »Novae« das Instrument wieder zur Planetenbeobachtung und zu spektroskopischen Zwecken. Heute arbeiten mehr als 230 Angestellte für das mittlerweile auf drei Standorte angewachsene Observatoire de la Côte d'Azur. Neben der Sternwarte oberhalb von Nizza gibt es in der Nähe der Parfümstadt Grasse, in dem Städtchen Roquevignon, ein Tochterinstitut, dessen Mitarbeiter sich vor allem astrophysikalischen und astrometrischen Fragestellungen widmen.

Ein paar Kilometer nördlich davon befindet sich auf dem in 1300 Meter Höhe gelegenen Plateau von Calern eine weitere Außenstelle des Observatoriums. Neben zwei 1,5-Meter-Teleskopen, die zum Zweck der optischen Interferometrie zusammengeschaltet sind, besitzt das Observatoire de Calern eine Laserkanone (»Laser-Lune«). Sie vermisst den Abstand Erde-Mond bis auf wenige Millimeter genau. Hierfür benutzen die Wissenschaftler Reflektoren, die die amerikanischen Apollo-Astronauten Anfang der 1970er Jahre auf dem Mond aufstellten.

Die Führung ist wie im Flug vergangen. Das ist nicht zuletzt dem kundigen Astronomen zu verdanken, der seit über zwanzig Jahren an der Sternwarte von Nizza arbeitet und auf dem Rundgang viele interessante Anekdoten zum Besten gab. Die knapp zwei Kilometer Fußmarsch, die wir in dieser Zeit absolviert haben, sorgen dafür, dass ich am Abend nur noch ganz geruhsam die Promenade von Nizza entlangschlendere. <<

Stephan Fichtner hat auch im Urlaub immer ein waches Auge für große weiße Kuppeln auf hohen Bergen.

1. Internationale Astronomie-Messe

- **Große Teleskop- und Verkaufsausstellung**
- **Rahmenprogramm**
  z.B. 100 qm große Ausstellung "Ernst Abbe – Wissenschaftler, Unternehmer und Sozialreformer"
- **Forum mit Bewirtung**
  als Marktplatz für Gespräche und Erfahrungsaustausch
- **Wo?**
  78054 VS-Schwenningen, Messegelände
  – 6000 kostenlose Parkplätze
  – 10 Gehminuten vom Bahnhof
- **Wann?**
  16. September 2006

www.astro-messe.de
info@astro-messe.de

ALLE BILDER: AH, FRANK SCHUBERT

Die Tübinger Sternwarte bot einst einen hervorragenden Blick auf den Nachthimmel. Doch auch hier hat die Lichtverschmutzung zugeschlagen, wie Roland Müller (Bild) vom hiesigen Astroverein berichtet.

Das Fernrohr des Nobelpreisträgers

81 Jahre alt, aber wie neu: Das Carl-Bosch-Teleskop in Tübingen hat eine aufwändige Restaurierung hinter sich. **>> Frank Schubert**

Es ist bitterkalt an diesem klaren Februarmorgen. Roland Müller hat die Kuppel der Tübinger Sternwarte geöffnet und wir blicken in einen hellblauen Himmel, an dem sich vereinzelte Wölkchen kräuseln. Der Frost kriecht unbarmherzig in Finger und Zehen.

»Lassen Sie es mich ins Licht drehen«, sagt Müller. Er ist der Vorsitzende der Astronomischen Vereinigung Tübingen und demonstriert gerade das Linsenteleskop der Sternwarte. Beherzt packt er das untere Ende des Instruments und zieht daran. Der gewaltige Tubus beginnt auf seiner mächtigen Montierung in die Horizontale zu kippen.

Ein Riese im Gleichgewicht

Im Vergleich mit der tonnenschweren Konstruktion wirkt Müller winzig. Kaum zu glauben, dass er sie mit reiner Muskelkraft bewegt. Das Teleskop neigt sich immer weiter dem Boden zu, es scheint, als könne er es unmöglich festhalten.

Doch die Mechanik ist tadellos ausbalanciert. Mühelos bringt Müller den Koloss zum Stehen. »Jetzt können Sie ein paar Fotos machen«, sagt er und blinzelt in die Morgensonne.

Das Instrument, ein Fraunhofer-Achromat mit dreißig Zentimeter Öffnung, fünf Meter Brennweite und ursprünglich zwei kleineren Begleitteleskopen für die Astrofotografie, hat stolze 81 Jahre auf dem Buckel. Bemerkenswert ist, wer es sich einst anschaffte und unter welchen Umständen. »Carl Bosch, der frühere Vorsitzende der BASF, kaufte sich das Teleskop 1924«, erzählt Müller.

Bosch, ein berühmter Chemiker, wurde vor allem für das Haber-Bosch-Verfahren bekannt, das er zu Beginn des 20. Jahrhunderts gemeinsam mit Fritz Haber entwickelte. Es erlaubt die Herstellung von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff. Beide Wissenschaftler bekamen jeweils den Nobelpreis dafür.

1924 stand Deutschland noch unter dem Schock der dramatischen Währungsinflation in den Anfangsjahren der Weimarer Republik. Bosch ließ sich sein Fernrohr trotzdem einiges kosten. Dem Hersteller Carl Zeiss zahlte er 63440 Goldmark dafür. »Das war zu dieser Zeit sehr viel Geld, zumal kaum jemand Goldmark besaß«, erklärt Müller.

Der Nobelpreisträger muss eine echte Leidenschaft für die Astronomie gehabt haben. Nicht nur, dass er enorme Summen dafür ausgab und zwei Privatsternwarten in Heidelberg betrieb (in einer davon stand das Dreißig-Zentimeter-Fernrohr ab 1925). Er stellte auch einen persönlichen Observator an, den Naturwissenschaftler Bernhard Timm, der später Boschs leitende Funktion bei der BASF übernahm.

Von Heidelberg nach Tübingen

»Bosch nutzte das Fernrohr, um Emulsionen für die Farbfotografie zu testen – das kam seiner Firma zugute«, erläutert Müller und deutet auf eine viereckige Halterung für Fotoplatten am unteren Ende eines Begleitfernrohrs. Was der berühmte Hobbyastronom sonst noch mit dem Teleskop machte, welche kosmischen Objekte er damit beobachtete, wisse man heute nicht mehr, so Müller.

1940 starb Bosch. Sein Fernrohr vermachte er der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, deren Präsident er war. 1949 bot ihre Nachfolgeorganisation, die Max-Planck-Gesellschaft, es dem Astronomen Heinrich Siedentopf an, der kurz zuvor an die Uni Tübingen berufen worden war. Dieser bewegte daraufhin seine Universitätsleitung dazu, ein neues Observatorium zu bauen. Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft konnte die Hochschule auch die Kuppel und die Hebebühne der ehemaligen Bosch-Sternwarte erwerben und 1955 zusammen mit dem Teleskop in dem neuen Tübinger Observatorium installieren.

»Bis 2001 setzten die Astronomen das Fernrohr für die Forschung ein«, sagt Müller. Insbesondere seien Siedentopf und Kurt Walter zu erwähnen, die damit Doppelsterne beobachtet und Sternspektren aufgenommen hätten. Seit 1972 nutzt die Astronomische Vereinigung Tübingen (www.sternwarte-tuebingen.de) das Instrument für öffentliche Führungen. Sie bietet zwei- bis dreimal pro Woche Beobachtungsabende an, dazu etwa alle zwei Wochen einen Vortrag. Manchmal kommen mehr als fünfzig Besucher.

Im vergangenen Sommer wurde die Tübinger Sternwarte restauriert. Die Heidelberger Klaus Tschira Stiftung steuerte fünfzigtausend Euro zur Sanierung des Fernrohrs bei, weitere achtzigtausend für die der Kuppel. »Beachten Sie die erstklassige Verarbeitung«, schwärmt Müller und deutet auf die Lärchenholzverkleidung der Kuppel, die im hellen Licht der Wintersonne liegt. Der Linoleumbelag der Hebebühne, jahrzehntealt, wirkt nach seiner Erneuerung wie frisch gekauft. Die komplette Restaurierung hat mehrere Monate gedauert.

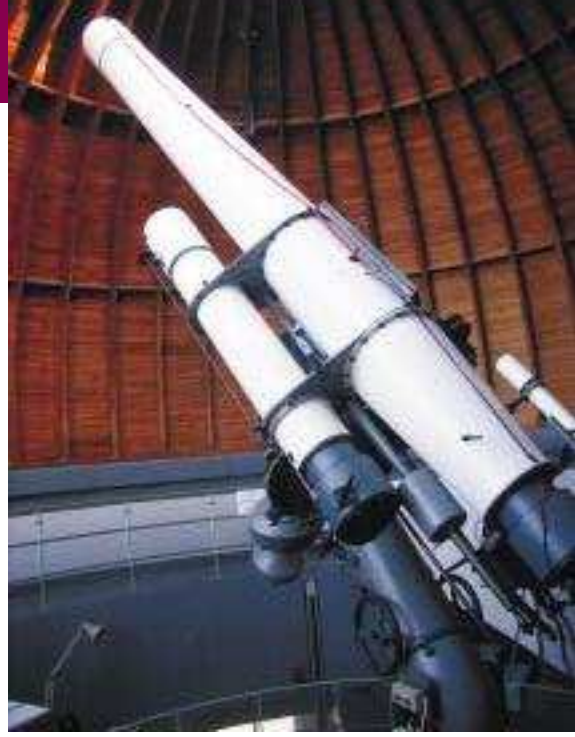
Die Beobachtungsbedingungen, so Müller, seien allerdings nicht mehr optimal. Die unteren Etagen der Sternwarte habe der Vermieter des Geländes an ein Restaurant verpachtet. Einerseits dürfe die Astronomische Vereinigung fünfzehnmal im Jahr ein geheiztes Nebenzimmer für ihre Veranstaltungen nutzen, andererseits verschlechtere die Abluft von Küche und Lokal die Sicht. Zudem erstreckt sich die Krone einer Birke ins Sichtfeld des Teleskops. »Vor allem«, betont Müller, »macht uns die Lichtverschmutzung zu schaffen.«

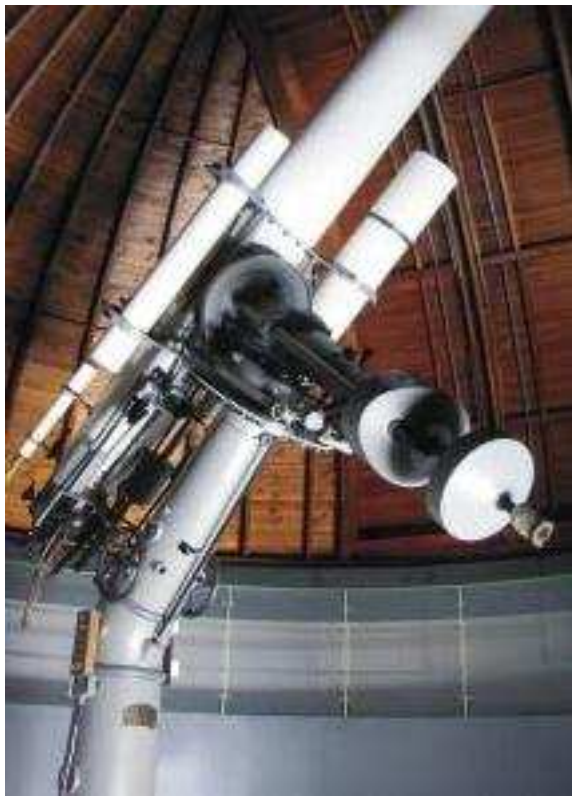
Der Himmel sei so hell, dass sich von der Sternwarte aus nur noch Standardobjekte beobachten ließen. Deep-Sky-Beobachtungen seien kaum mehr möglich. Mit den Führungen soll es trotzdem weitergehen wie bisher, sagt Müller und betätigt den Schließmechanismus der Kuppel. Ein blauer Streifen Himmel wird schmaler und schmaler und verschwindet schließlich ganz. <<

Frank Schubert ist Wissenschaftsjournalist und ständiger Mitarbeiter von AH.

Mehr als 63000 Goldmark

ließ sich Carl Bosch sein Fernrohr kosten. Es besaß ursprünglich zwei Begleitrohre für die Fotografie: eins für Rot, das andere für Ultraviolett korrigiert. Letzteres verschwand vor dreißig Jahren spurlos.





Teleskoptypen Teil I

Refraktoren – die Klassiker unter den Teleskopen

Das Grundprinzip eines Refraktors ist simpel und immer gleich: Eine Frontlinse sammelt und bündelt das Licht, während das Okular das Bild vergrößert. Solche Linsenteleskope werden heute jedoch in vielen verschiedenen Versionen angeboten.

>> Ed Ting

Wenn das Wort Teleskop fällt, denken viele zunächst an ein Linsenfernrohr mit langem, schlankem Tubus und einem Objektiv an dem einen sowie einem Okular am anderen Ende. Die meisten Menschen haben vermutlich schon irgendwann einmal durch einen Refraktor geschaut – und zahllose Sterngucker wählen ihr Teleskop unter anderem wegen der Ästhetik dieser glänzenden, weißen Rohre.

Auch die ersten Teleskope waren Refraktoren. In den frühen Jahren des 17. Jahrhunderts fanden Optiker heraus, dass sich mit zwei Linsen im richtigen Abstand zueinander ein Gerät bauen lässt, das weit entfernte Gegenstände vergrößert. Die ersten Exemplare, die Galileo Galilei im Jahr 1609 benutzte, hatten dünne Tuben mit einer Länge von etwa neunzig Zentimetern und einer Öffnung (Durchmesser der Frontlinse) von weniger als einem Zoll (1 Zoll = 2,54 Zentimeter). Das Glas dieser Linsen war voller Bläschen und auf Grund des hohen Eisengehalts grün. Obwohl diese Instrumente nach heutigen Maßstäben nur eine recht bescheidene Leistung brachten, sah Galilei mit ihnen immerhin Krater und Gebirge auf dem Mond und entdeckte die vier nach ihm benannten Galileischen Monde, die den Planeten Jupiter umkreisen.

Die primitive Optik der ersten Linsenteleskope lieferte keine sehr guten Bilder. Mit längeren Instrumenten gelang es den Astronomen, deren Qualität zu verbessern und ihre Vergrößerung zu steigern. Doch die langen, unhandlichen Fernrohre erwiesen sich als zu schwerfällig und als sehr ineffizient. In den späten Jahren des 17. Jahrhunderts konstruierte Johannes Hevelius ein 45 Meter langes Ungetüm. Um dieses zu bewegen, war ein kompliziertes System aus Seilen und Rollen notwendig!

Klar, dass sich die Teleskoptechnik seit dieser Zeit wesentlich weiterentwickelt hat. Eine der entscheidenden Entdeckungen gelang 1729: Die Fernrohrbauer merkten, dass sie deutlich schärfere Bilder erhielten, wenn sie die vordere Linse durch ein Objektiv aus zwei Linsen ersetzten, deren Glas unterschiedliche Brechungseigenschaften besaß. Der deutsche Physiker Joseph Fraunhofer steuerte dazu Anfang des 19. Jahrhunderts einige wichtige Verbesserungen bei.

Heutige Refraktoren profitieren von besseren Glassorten und computerberechneten Linsenoberflächen. Sie sind kompakt, leicht und liefern eine ausgezeichnete Bildqualität.

Dennoch gerieten Refraktoren jahrelang in Vergessenheit. Hobbyastronomen gaben entweder Spiegelteleskopen den Vorzug, die für das gleiche Geld mehr Öffnung bieten, oder katadioptrischen Systemen. Das sind kompakte Teleskope aus Linsen und Spiegeln, die oft mit modernster Elektronik ausgestattet sind. Doch in den letzten Jahren feiert der Refraktor eine Renaissance bei den Hobbysternguckern.

So funktioniert der Refraktor

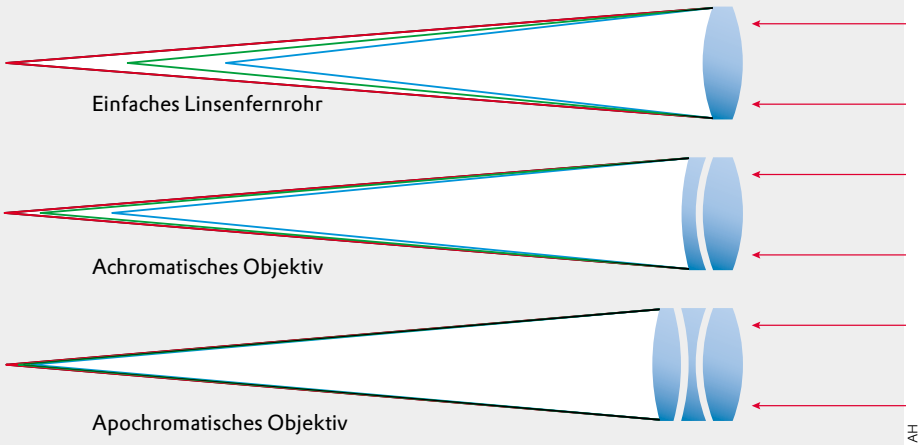
Ein Linsenteleskop ist ein relativ einfach aufgebautes Gerät. Die Objektivlinse, die meist aus zwei oder drei aufeinander abgestimmten Linsen besteht, sammelt am vorderen Ende des Tubus das Licht und bündelt es zu einem Bild in der Brennebene am hinteren Ende. Dieses Bild vergrößert das Okular.

Um die Einblicksposition für den Beobachter bequemer zu gestalten, wird bei Bedarf ein Zenitspiegel zwischen Tele- >

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Ästhetik pur Für viele Sternfreunde ist es das Schönste, mit einem Refraktor an einem klaren Abend auf die Pirsch zu gehen.

Refraktoren haben eine einfach aufgebaute Optik. Um den Einblickskomfort zu steigern, kann auf Wunsch ein Zenitprisma in den Strahlengang eingeschaltet werden.



Zu Galileos Zeiten hatten Fernrohre meist nur eine einzige Frontlinse. Damit ist es jedoch unmöglich, alle Farben des sichtbaren Lichts im Brennpunkt zu vereinigen – ein Farbfehler (die chromatische Aberration) ist die Folge. Viele moderne Geräte verfügen über ein achromatisch korrigiertes Objektiv, das den Farbfehler zwar mindert, aber nicht ganz beseitigt. Nur ein apochromatisches Objektiv liefert praktisch farbfehlerfreie Bilder.

OLIVER SHIPP

Mit solchen Monsterteleskopen schlugen sich manche Sterngucker noch Mitte des 19. Jahrhunderts herum, um den Farbfehler bei Linsenteleskopen in den Griff zu bekommen. Das abgebildete Exemplar hat ein Objektiv mit gut dreißig Zentimeter Durchmesser. Gebaut wurde es Mitte des 19. Jahrhunderts.

NIGHT SKY, GREG DINDERMAN / AH

> skop und Okular eingesetzt, der das Licht um neunzig Grad umlenkt.

In der Praxis haben Refraktoren gegenüber Spiegelteleskopen viele Vorteile. Ihre geschlossenen Tuben sind pflegeleicht und verhindern weit gehend das Eindringen von Feuchtigkeit und Staub. Außerdem muss die Optik praktisch nie justiert werden. Auch sind Linsenteleskope ziemlich unempfindlich gegenüber plötzlichen Temperaturschwankungen. Das bedeutet, dass sie ohne Wartezeit schnell einsatzbereit sind, auch wenn man sie gerade erst aus der Wohnung ins Freie gestellt hat. Bei Reflektoren müssen Sie dagegen warten, bis das Innere des Teleskops auf die Außentemperatur abgekühlt ist, da sonst Luftturbulenzen auf Grund des Wärmegradienten das Bild stören.

Linsenteleskope liefern von allen Teleskoptypen die schärfsten und kontrastreichsten Bilder. Das gilt allerdings nur für die Refraktoren am oberen Ende der Preisskala. Besonders Planeten- und Mondbeobachter, aber auch Liebhaber der Doppelsternbeobachtung schätzen hochwertige Linsenteleskope sehr. Der Grund hierfür ist, dass unter den gängigen optischen Systemen nur Refraktoren einen Strahlengang besitzen, der nicht verdeckt, also durch einen Fangspiegel teilweise abgeschattet ist. Bei Spiegelteleskopen und katadioptrischen Fernrohren sitzt ein solcher direkt im Strahlengang, was den Bildkontrast mindert.

Vorsicht bei Kaufhaus-Fernrohren!

Als Faustregel können Sie sich merken, dass Refraktoren mit einer Öffnung von sechzig Millimetern oder weniger nicht genügend Licht sammeln, um lichtschwache Objekte mit vielen Details abzubilden. Der Spaß fängt erst bei siebzig oder achtzig Millimeter Öffnung an. Zwar gibt es in der Sechzig- bis Achtzig-Millimeter-Klasse einige außergewöhnlich gute Modelle auf hohem Leistungsniveau, doch um ehrlich zu sein: Die meisten angebotenen Sechzig-Millimeter-Refraktoren sind weder mechanisch noch optisch von guter Qualität. Besonders vorsichtig sollten Sie bei preisgünstigen Angeboten in Kaufhäusern und Discountern sein, wo nicht selten an der Qualität gespart wird.

Spätestens ab einer Öffnung von 150 Millimetern sind Refraktoren ziemlich stattliche und schwere Geräte, daher bilden Exemplare mit noch größerer Öffnung die Ausnahme. Sollten Ihre Interessenschwerpunkte auf der Beobachtung von Deep-Sky-Objekten und der Jagd nach lichtschwachen Galaxien liegen, ist Ihnen das Lichtsammelvermögen eines Linsenteleskops aber möglicherweise zu gering. Wie so oft im Leben, haben Qualität und Leistungsvermögen ihren Preis. Jeder Zentimeter Öffnung bedeutet bei einem Refraktor gleich eine satte Preissteigerung weit jenseits der von Geräten mit anderem optischen Aufbau.

Sicher können Sie sich noch an den Physikunterricht in der Schule erinnern, als mit Hilfe eines Prismas das einfallende Sonnenlicht in seine einzelnen Farben zerlegt wurde und dabei Regenbogenfarben an der Wand entstanden. Genau das passiert im kleinen Maßstab auch, wenn

Für welches Teleskop Sie sich auch immer entscheiden: Eine stabile Montierung gehört auf jeden Fall dazu. Entweder die alt-azimutale (links), die sich nach links/rechts und oben/unten bewegen lässt oder die parallaktische (rechts), die der Bewegung des Himmels durch Drehung um eine einzige Achse folgt, wenn diese auf den Polarstern ausgerichtet ist.

BEIDE BILDER: NIGHT SKY, C.M. UTTER

das Licht durch eine Linse in Ihrem Teleskop gebrochen wird. Dann macht sich ein Farbfehler, die chromatische Aberration, im Okular des Refraktors als purpurfarbener Saum um alle hellen Objekte bemerkbar. Dieser entsteht durch nicht fokussiertes Licht, denn das Objektiv eines herkömmlichen Linsenteleskops kann nicht alle Wellenlängen des Lichts in einem einzigen Brennpunkt vereinigen. In der Praxis bedeutet das einen Kontrastverlust, der besonders bei der Beobachtung von Planeten, dem Mond und anderen hellen Objekten stört.

Mit Ausnahme der Spitzenmodelle leiden alle Refraktoren mehr oder weniger unter der chromatischen Aberration, zeigen also zumindest einen Rest von Unschärfe im Violetten. Manche Beobachter registrieren sogar ein etwas gelbstichiges Bild, wenn sie weniger helle Objekte mit Refraktoren der unteren Preisklasse beobachten. Beim ersten flüchtigen Blick durch ein solches Fernrohr kann man diesen Farbfehler leicht übersehen. Doch hat man ihn einmal entdeckt, wird er immer stören.

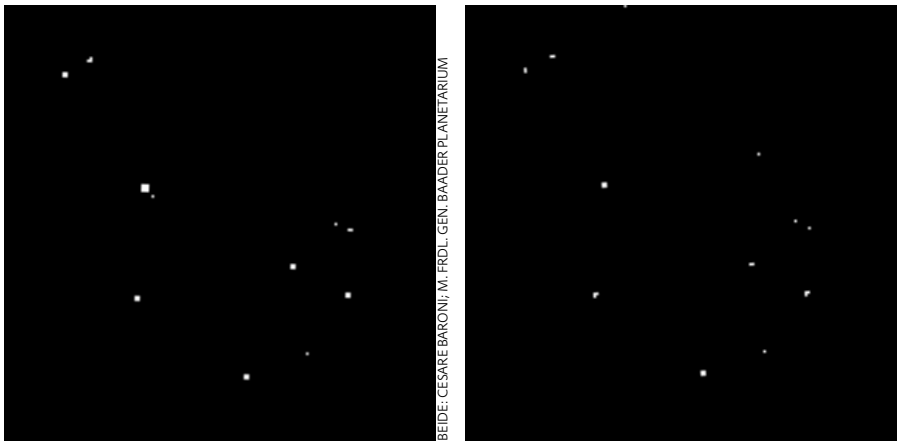
In früheren Zeiten begegneten die Astronomen diesem Problem, indem sie sehr, sehr lange Linsenteleskope bauten (siehe Bild S. 64 oben rechts) – einer der Gründe für die extrem ausladende Bauweise des erwähnten Instruments von Hevelius. Denn bei sonst gleichen Eckdaten besitzt ein Refraktor mit kleinem Öffnungsverhältnis den geringeren Farbfehler.

Achromaten

Erfreulicherweise gibt es heutzutage elegantere Lösungen, die chromatische Aberration zu eliminieren. Durch die Verwendung von zwei Linsen aus unterschiedlichem Glas im Objektiv eines Refraktors kann sie auf ein erträgliches Maß reduziert werden, was wiederum die Konstruktion relativ kurzer Tuben gestattet. Diese achromatisch genannten Refraktoren bieten üblicherweise eine gute Bildqualität bei bezahlbaren Preisen. Die meisten historischen Refraktoren sind Achromaten mit langen Tuben und einem Öffnungsverhältnis von f/9 oder kleiner, während sich neuerdings kürzere, kompaktere Modelle (typisch: f/5) großer Beliebtheit erfreuen. Bedenken Sie aber, dass Sie sich den Vorteil einer kurzen, kompakten Bauweise immer mit einem stärkeren Farbfehler erkaufen.

Mit einer noch besseren Korrektur des Farbfehlers können die apochromatischen Refraktoren (kurz »Apos«) aufwarten. Sie verwenden Linsen aus exotischen Gläsern, ein drei- oder vierlinsiges Objektiv oder eine Kombination aus beidem. Apochromaten bestechen durch ein farbfehlerfreies Bild, doch sind sie recht teuer. Mit 2500 Euro oder auch bedeutend mehr müssen Sie bei einem Apo von vier Zoll (zehn Zentimeter) Öffnung schon rech- >

Ein blauer Farbsaum, der sich um alle hellen Sterne der linken Plejaden-Aufnahme legt, ist das typische Ergebnis eines Farbfehlers bei achromatischen Linsenteleskopen. Ein apochromatisches Objektiv oder ein spezieller Minus-Violettfilter (rechts: mit Baader Fringe Killer), der das purpurne Licht herausfiltert, liefert dagegen Ergebnisse, bei denen die Farbsäume praktisch verschwinden.



BEIDE: CESARE BARONI, M. FRDL. GEN. BAADER PLANETARIUM

> nen. Wohl gemerkt: nur für den Tubus, ohne Okular und Montierung. Noch vor ein paar Jahren waren Apochromaten relativ selten anzutreffen. Heute ist das Angebot größer, dementsprechend sind Apochromaten stärker vertreten. Zumeist ist auf jedem Teleskoptreffen mindestens eines dieser Traumgeräte vertreten.

Einen Apochromaten zu besitzen ist ohne Zweifel ein besonderes Vergnügen, aber brauchen Sie wirklich einen? Die meisten aktiven Beobachter sind der Auffassung, dass es einiger Erfahrung bedarf, um die Vorzüge eines guten Apochromaten wirklich schätzen zu können. Wenn Sie gerade in das Hobby der Astronomie eingestiegen sind, haben Sie erst einmal alle Hände voll damit zu tun, sich am Himmel zurechtzufinden und sich mit der Bedienung Ihres Teleskops vertraut zu machen.

Besuchen Sie doch einfach mal ein Teleskoptreffen in Ihrer Nähe und werfen Sie einen Blick durch alle dort vertretenen Refraktoren. Mit der Zeit bilden Sie sich dann schon Ihre eigene Meinung. Sie werden früh genug erkennen, ob und wann bei Ihnen der Wunsch nach einem besseren Teleskop reift. Sie können aber auch einen der folgenden Tipps befolgen:

- Kaufen Sie einen Achromaten und als Zubehör einen »Minus-Violettfilter« für zirka 50 Euro, der den störenden Blausaum reduziert.
- Kaufen Sie einen Achromaten mit langer Brennweite, also kleinem Öffnungsverhältnis, dann ist der Farbfehler geringer als bei einem vergleichbaren Gerät mit kurzer Brennweite. Ein Fernrohr mit einem Öffnungsverhältnis f/8 ist gut, f/10 ist noch besser.
- Legen Sie sich einen »Halb-Apochromaten« zu, der im Vergleich zum Achromaten preislich noch nicht ganz aus dem Rahmen fällt, aber eine bessere Bildqualität liefert. Der Farbfehler eines solchen Geräts ist nur gering reduziert. Einige Modelle werden am Ende des Artikels vorgestellt. Auch der Kauf eines Apochromaten aus zweiter Hand ist denkbar.

Der Refraktormarkt heute

Es ist noch nicht sehr lange her, dass es entweder nur preiswerte, einfache oder extrem kostspielige, hochwertige Refraktoren gab. Eine Mittelklasse existierte praktisch nicht. Heute werden dank der eifrigen Produktion in Fernost zahlreiche Geräte aller Preisstufen angeboten, wie die nachfolgende Auflistung von Achromaten und Apochromaten zeigt. Diese besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

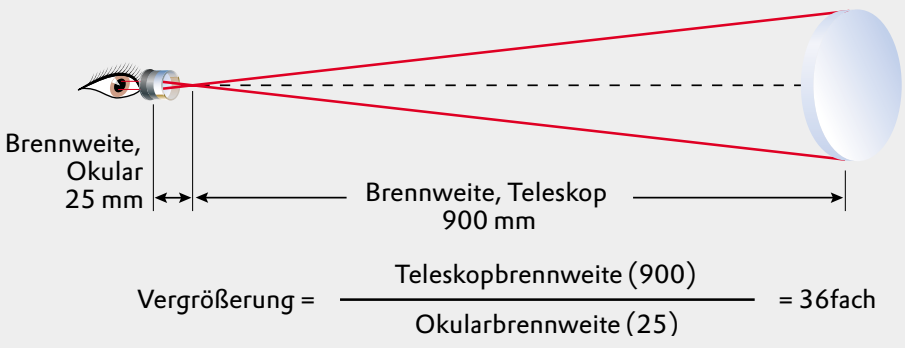
Achten Sie bei Preisvergleichen darauf, dass manche Modelle mit Montierung verkauft werden, während Sie bei anderen (in erster Linie bei den kostspieligen Apochromaten) nur den optischen Tubus erwerben. In diesem Fall müssen Sie die Kosten für eine gute Montierung noch mit einkalkulieren.

Auch hier gilt die alte Weisheit: Sie bekommen genau das, für das sie bezahlt haben. Will heißen, dass die Qualität meist dem Kaufpreis entspricht. Diese Regel scheint sich gerade bei Refraktoren zu bestätigen – mehr noch als bei anderen Teleskopsystemen. Wenn von zwei äußerlich gleich aussehenden Teleskopen das eine deutlich mehr kostet als das andere, dann hat das vermutlich einen guten Grund. Caveat emptor (lat. »Der Käufer muss Acht geben«)! <<

Ed Ting verkauft am Tag Baumaschinen und beobachtet nachts den Himmel über Amherst in New Hampshire (USA) mit den unterschiedlichsten Teleskopen.

Das Einmaleins der Vergrößerung

Die Vergrößerung bei einem Refraktor wird wie bei allen anderen optischen Systemen auch mit einer einfachen Rechnung ermittelt. Um die Vergrößerung zu ändern, wechseln Sie das Okular. Wenn Ihr Teleskop beispielsweise eine Brennweite von 900 Millimetern besitzt und Sie ein 25-Millimeter-Okular verwenden, sehen Sie ein 36fach vergrößertes Bild (900 : 25 = 36). Tauschen Sie das Okular gegen ein anderes mit zehn Millimeter Brennweite, ergibt sich eine 90fache Vergrößerung (900 : 10 = 90).



$$\text{Vergrößerung} = \frac{\text{Teleskopbrennweite (900)}}{\text{Okularbrennweite (25)}} = 36\text{fach}$$

NIGHT SKY / AH

Achromaten:

Orion Observer 70 mm:
70-mm-f/10-Refraktor; Tubuslänge: 71 cm; Leuchtpunktsucher; Okulare: 25 mm (28fach) und 10 mm (70fach); Zenitprisma; Gewicht: 4 kg; Preis: 148,–€

Dieser Siebzig-Millimeter-Refraktor bietet optisch wie auch mechanisch eine solide Leistung und ist ein preiswertes Einsteigergerät. Wie auch beim Achtzig-Millimeter-Refraktor in Kurzbauweise gibt es qualitativ vergleichbare Geräte aus fernöstlicher Produktion, die, unter dem Produktnamen Sky-Watcher vertrieben, ein noch besseres Preis-Leistungs-Verhältnis aufweisen.
www.teleskop-service.de; www.skywatcherteleskope.de; www.fernrohrland.de; www.osdv.de

Orion 80 mm in Kurzbauweise:
80-mm-f/5-Refraktor; Tubuslänge: 38 cm; 6 × 26-Sucher; Okulare: 25 mm (16fach) und 10 mm (40fach); Zenitprisma; Gewicht: 2 kg; Preis: 199,–€

Dieser Kurzbau-Refraktor von Orion erfüllt viele Aufgaben. Erfahrene Hobbyastronomen setzen ihn oft als Leitrohr ein. Oder sie verwenden ihn als Zweitgerät. Mit seinem kurzen Tubus und einem Öffnungsverhältnis von f/5 ist seine Optik allerdings für Farbfehler anfällig. Ab Vergrößerungen von 80-100fach ist das Bild kein Genuss mehr. Doch für einen kurzen Blick an den nächtlichen Himmel eignet sich dieses Instrument immer und hat darüber hinaus auch einen unschlagbaren Preis.
www.teleskop-service.de; www.osdv.de

William Optics ZenithStar 80:
80-mm-f/6-Refraktor; Tubuslänge: 38 cm; Gewicht: 2,5 kg; Preis: 375,–€

Dieses Fernrohr ist der Beweis, dass günstige Linsenteleskope durchaus edel aussehen können. Als ich das ZenithStar zum ersten Mal sah, schätzte ich es zuerst auf den doppelten Preis. Denken Sie aber daran, dass Sie beim Kauf dieses Modells nur die Optik erwerben. Legen Sie sich also noch etwas Geld für Montierung, Sucher und ein paar Okulare zurück.
www.william-optics.com; www.apm-telescopes.de; www.teleskop-service.de

Stellarvue Nighthawk:
80-mm-f/6-Refraktor; Tubuslänge: 35 cm; Leuchtpunktsucher; Gewicht: 3 kg; Preis: 499,–€

Das populäre Modell Nighthawk der Firma Stellarvue hat wie alle Instrumente dieser Firma eine besonders harte Qualitätskontrolle hinter sich. Jeder Tubus wird individuell vom Firmeninhaber auf seine optische Qualität getestet. So soll verhindert werden, dass Geräte mit ungenügender Optik den Endkunden erreichen. Auch sehr viel teurere Apochromaten mit mehr als zehn Zentimeter Öffnung hat die Firma im Programm (zum Beispiel Stellarvue SV102A).
www.stellarvue.com; www.osdv.de

Meade LXD75 AR-6AT:
152-mm-f/8-Refraktor; Tubuslänge: 107 cm; auf motorgetriebener Äquatorialmontierung; 8 × 50-Sucher; Zenitprisma; Okulare: 26 mm (46fach); 30 000 Himmelsobjekte in Datenbank gespeichert; Gewicht: 36 kg; Preis: 1549,–€

Sie wollen ein großes Linsenfernrohr? Dann ist dieses vielleicht genau richtig. Mit dem Meade LXD75 erwerben Sie einen zweilinsigen Refraktor, der auf einer computergesteuerten Montierung (Autostar) sitzt. Doch Vorsicht: Unterschätzen Sie nicht seine Ausmaße. In Wirklichkeit ist er größer, als er auf Fotos und Prospekten erscheint. Die Firma Meade bietet auch kleinere Modelle an.
www.meade.de; www.astrocom.de

Celestron C4-R:
102-mm-f/10-Refraktor; Tubuslänge: 71 cm; auf Äquatorialmontierung; 6 × 30-Sucher; Okular: 20 mm (50fach); Gewicht: 18 kg; Preis: 448,–€

Wenn Sie sich einen Refraktor mit zehn Zentimeter Öffnung zulegen wollen, so ist das Celestron C4-R eine gute Wahl. Das Planetengerät mit einem Öffnungsverhältnis von f/10 hält den Farbfehler in engen Grenzen. Zusammen mit der qualitativ hochwertigen Montierung und dem im Vergleich zu Apochromaten günstigen Preis ist das C4-R für Beobachter mit schmalem Budget ideal.
www.celestron.de; www.baader-planetarium.de

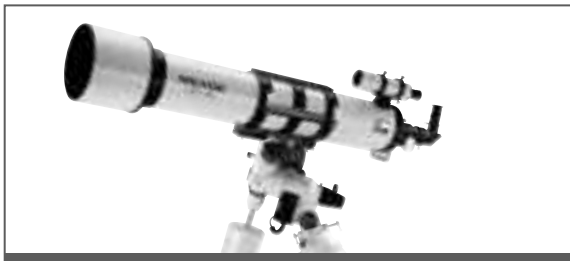
>

Orion Observer 70 mm

Orion 80 mm in Kurzbauweise

William Optics ZenithStar 80

Stellarvue Nighthawk


Meade LXD75 AR-6AT

Celestron C4-R

> Apochromaten:

Tele Vue-76:
76-mm-f/6,3-Refraktor; Tubuslänge: 38 cm; Gewicht: 3 kg; Preis: 1499,–€

Als Nachfolger des leider nicht mehr lieferbaren »Pronto« schickt die Firma Tele Vue Optics zwei neue Apochromaten ins Rennen: das TV-76 und das kleinere TV-60 (Preis: 949,–€), das sogar in einer Aktentasche Platz finden soll. Die Objektive beider Instrumente sind fast farbfehlerfrei. Das fünfeinhalb Grad große Gesichtsfeld des TV-76 gewährt bei Tag wie bei Nacht atemberaubende Anblicke.
www.televue.com; www.apm-telescopes.de; www.intercon-spacetec.de

William Optics ZenithStar 66 Triplet ED:
66-mm-f/7-Refraktor; Tubuslänge: 36 cm; Gewicht: 2 kg; Preis: 640,–€

Nicht alle Apochromaten sind teuer. Für den ZenithStar von William Optics müssen Sie keinen neuen Kredit aufnehmen. Das dreilinsige Objektiv ist in einem mechanisch sehr gut verarbeiteten Tubus untergebracht. Das Finish des Instruments macht es auch bei Tag zu einem echten Hingucker.
www.william-optics.com; www.galileo.cc

Orion 80 mm ED:
80-mm-f/7,5-Refraktor; Tubuslänge: 61 cm; Gewicht: 3 kg; Preis: 448,–€

Dieses Teleskop sorgte bereits bei seiner Markteinführung für eine kleine Sensation. Denn nie zuvor wurde ein Gerät dieser Größe mit farbfehlerfreien Linsen zu einem solchen Preis angeboten. Die Preise von Orion sind nur dann nachvollziehbar, wenn man weiß, dass die Firma in Fernost produzieren lässt. Ein Hundert-Millimeter-Apo von Orion (998,– €) vervollständigt das Programm. Baugleiche Geräte gibt es von Celestron und unter dem Produktnamen Sky-Watcher (siehe Testbericht AH 3/2006, S. 70).
www.teleskop-service.de; www.celestron.de; www.osdv.de

Tele Vue-102:
102-mm-f/8-Refraktor; Tubuslänge: 80 cm; Zwei-Zoll-Zenitprisma; Okulare: 20 mm (44fach) Gewicht: 4,5 kg; Preis: 3199,–€

Das farbfehlerfreie Objektiv des TV-102 sitzt in einem sehr gut verarbeiteten Tubus. Die Rohrschelle dieses Teleskops besitzt oben eine Aufnahme für einen Sucher und unten eine für die Montierung. Das Teleskop hat eine große Anhängerschar.
www.televue.com; www.apm-telescopes.de; www.intercon-spacetec.de; www.osdv.de

Takahashi FS-102 II:
102-mm-f/8-Refraktor; Tubuslänge: 94 cm; Gewicht: 6 kg; Preis: 2300,–€

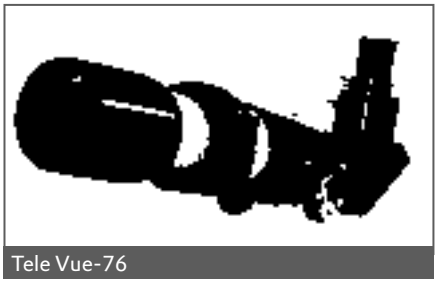
Takahashi ist der Mercedes unter den Linsenteleskopen. Das FS-102 besitzt ein Objektiv aus Fluoritglas. Sein Tubus ist ein wahres Schmuckstück, das eigentlich ins Museum gehörte. Auch sein Fokussierer ist so leichtgängig wie kein anderer. Das FS-102 ist das populärste aus der Takahashi-Reihe. Neben diesem Modell gibt es von der Firma noch Apochromaten zwischen 60 und 150 Millimeter Öffnung.
www.takahashiamerica.com; www.intercon-spacetec; www.osdv.de; www.galileo.cc

TMB 105 f/6,2 CNC:
105-mm-f/6,2-Refraktor; Tubuslänge: 68 cm; Gewicht: 7,5 kg; Preis: 3699,–€

Die von Thomas Back entwickelten Apochromaten arbeiten mit dreilinsigen Objektiven (Triplett), die in Russland produziert werden. Der in Deutschland CNC-gefräste Tubus ist sehr attraktiv und zieht die Blicke auf sich. Ich bin von der Qualität dieser Geräte sehr beeindruckt. TMB-Refraktoren gehören zum Teuersten und Besten, was man sich in diesem Segment kaufen kann.
www.tmboptical.com; www.fernrohrland.de; www.teleskop-service.de; www.apm-telescopes.de; www.osdv.de

Astro-Physics StarFire 160 EDF:
160-mm-f/7,5-Refraktor; Tubuslänge: 107 cm; Gewicht: 13,5 kg; Preis: 9500,–€

Für viele Beobachter sind Refraktoren von Astro-Physics einfach unschlagbar. Daher übertrifft die Zahl der Bestellungen die Produktion um ein Vielfaches, sodass sich zum Teil jahrelange Wartezeiten ergeben. Doch diese Modelle sind wirklich fantastisch. Ich werde nie meinen ersten Blick auf Saturn durch einen alten Astro-Physics-Refraktor vergessen. Und wenn Sie doch mal ein solches Instrument loswerden wollen: Die Geräte von Astro-Physics haben einen hohen Wiederverkaufswert.
www.astro-physics.com; www.baader-planetarium.de

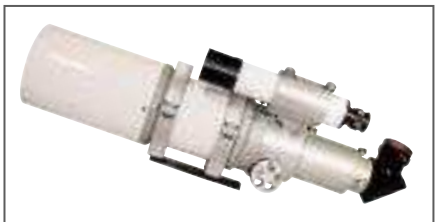

Tele Vue-76

William Optics ZenithStar 66 Triplet ED

Orion 80mm ED

Tele Vue-102

Takahashi FS-102 II


TMB 105 f/6,2 CNC

Astro-Physics StarFire 160 EDF

Planeten und Wintersternbilder

In den langen, dunklen Wintermonaten stehen bei den Astrofotografen seit jeher die Sternbilder Orion, Großer Hund, Stier und Eridanus hoch im Kurs. Ein kleiner Rundgang

Bewaffneter Himmelsjäger
Das komplette Schwertgehänge des Orions wurde Ende Januar durch einen 80-Millimeter-ED-Refraktor von Berlin-Heiligensee aus fotografiert.
>> Mark Achterberg

Mondaufgang überm Wald

Einen wahrhaft gigantischen Mondaufgang erwischte der Fotograf am 16. Januar mit seinem ETX-90-EC und einer Sony DSC W1 in Okularprojektion. **>> Patrick Rosyk**

Meine Galaxie, mein Mars, mein Saturn

Die Spiralgalaxie M 81 (links) ist eine der am leichtesten zu beobachtenden Spiralgalaxien der Nordhalbkugel. Aufgenommen wurde sie von Martin Wagner mit einem Zehn-Zoll-Newton-Teleskop. Die gleiche Öffnung stand Ulf Maurer für sein Bild »Mars in Opposition« (Mitte) zur Verfügung. Als Kamera diente eine ToUCam Pro. Johannes Müller-Sonntag fotografierte den Ringplaneten Saturn (rechts) letzten Dezember mit einer JVC-Videokamera durch das Okular eines Fraunhofer-Refraktors.

>> Martin Wagner, Ulf Maurer, Johannes Müller-Sonntag

Mondhalo

Den auffälligen Hof bannte der Fotograf aus Bremen mit seiner Nikon FG und einem 14-Millimeter-Objektiv auf Fuji-Superia-800-Asa-Film. Die Erscheinung geht auf die Streuung des Mondlichts an Eiskristallen in der Erdatmosphäre zurück. Die Reflexe im Bild stammen von Straßenlaternen.

>> Torsten Damme

Blauer Engel

Auf der Sternwarte Welzheim entstand diese stimmungsvolle Aufnahme des Irisnebels (NGC 7023) im Sternbild Kepheus.

>> Stefan Seip

Winterliche Sternspuren

Die Sternbilder Stier, Orion und Hase sowie Teile von Einhorn, Zwillingen, Großer Hund und Eridanus vereinen sich auf dieser eine Stunde belichteten Strichspuraufnahme.

>> Kersten Polzin

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Astrofotografie ohne Strom

Vor Kurzem schickte mir der 14-jährige Markus Braun das linke Foto zu. Es zeigt die Region um die Sternbilder Kassiopeia, Perseus und Andromeda. Er nahm es Ende 2004 mit einer Minolta XD-5 und einem 28-Millimeter-Weitwinkelobjektiv auf und verwendete einen Kodak-Farbwelt-Film mit einer Empfindlichkeit von 400 Iso. Die Kamera wurde huckepack auf einem Refraktor mit siebzig Millimeter Öffnung und 700 Millimeter Brennweite mit einer Astro-3-Montierung manuell nachgeführt. Die Belichtungszeit betrug etwa acht Minuten.

Wie diese Aufnahme beweist, eignet sich die klassische Fotografie gut für solche Übersichtsaufnahmen. Sie kann durchaus gegenüber der digitalen Konkurrenz bestehen. Die Nachführung per Hand ist zwar mühsam, hat sich in diesem Fall aber gelohnt: Die Sterne sind fast punktförmig abgebildet und auch ihre unterschiedlichen Farben gibt der Film gut wieder. Die leicht bogenförmigen Sterne in der rechten, unteren Bildecke weisen auf einen Abbildungsfehler hin, der durch Abblenden gemildert werden kann. Sie könnten aber auch die Folge einer Bildfelddrehung sein, die auftritt, wenn die Montierung nicht exakt eingenordet wurde.

Eine Schwäche der Aufnahme liegt in der starken Vignettierung, die sich in Form dunkler Bildecken bemerkbar macht. Kein Weitwinkelobjektiv ist frei von diesem optischen Fehler. Das Abblenden des Objektivs um eine, zwei oder drei Blendenstufen sollte nicht nur dieses Problem lösen, sondern auch insgesamt für eine noch bessere Darstellung der Sterne sorgen. Der Preis dafür ist jedoch eine längere Belichtungszeit.

Um die Vignettierung zu beseitigen, suchte ich mir den zentralen Teil des Bilds aus und bearbeitete ihn mit dem Plug-in »GradientXTerminator« (www.rc-astro.com/resources/GradientXTerminator/) von Photoshop in der Einstellung »Detail = Fine« und »Aggressiveness = High«.

Danach schnitt ich im Histogramm für die Farben Rot, Grün und Blau den jenseits des Himmelshintergrunds liegenden Teil ab. Die Gradationskurven verbog ich anschließend s-förmig, sodass helle Teile aufgehellt, dunkle jedoch abgedunkelt wurden. Das erhöht den Bildkontrast. Die Farbsättigung musste ich insgesamt etwas reduzieren. Durch den Photoshop-Befehl »Auswahl/Farbbereich auswählen« habe ich dann den Himmelshintergrund selektiv behandelt: mit einer weiteren Reduktion der Farbsättigung und leichtem Weichzeichnen, um das Bildrauschen abzumildern. Neben einigen Deep-Sky-Objekten sind auf dem bearbeiteten Bild (rechts) noch Sterne bis etwa 7,8er Größenklasse zu sehen.

Markus Braun hat allen Grund, sich über seine Aufnahme zu freuen und die nächsten Astrofotografieversuche zu starten. Dazu wünsche ich ihm viel Erfolg.

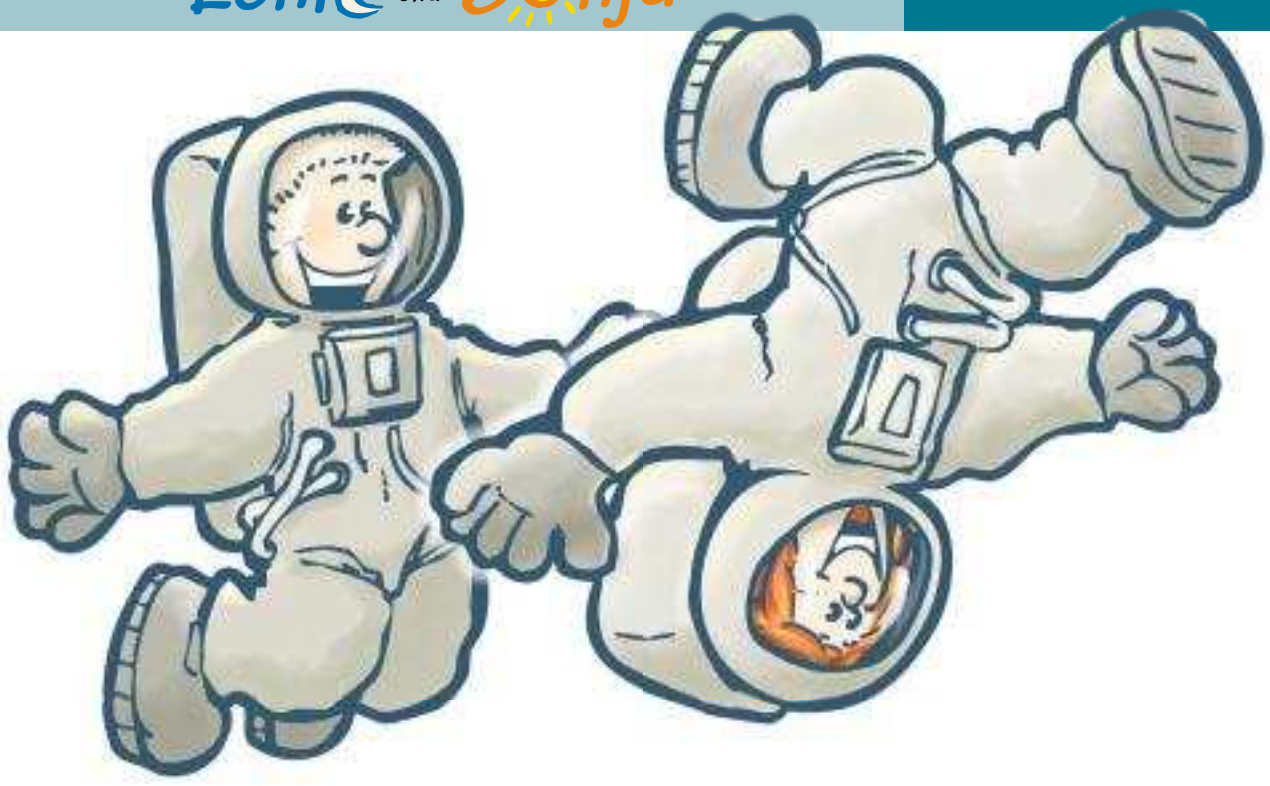
>> Stefan Seip

Vorher – nachher

Auf dem linken Bild von Markus Braun ist die Verdunkelung der Ecken deutlich zu sehen. Rechts der von Stefan Seip in Photoshop bearbeitete Ausschnitt

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de



AH, EMDE-GRAFIK

Die Reise zum Mond

» Cecilia Scorza de Appl

»Weißt du, Lunic, wie lange eine Reise zum Mond dauern kann? Ich habe gehört, dass er 380000 Kilometer weit von der Erde entfernt ist und dass Astronauten auf dem Mond sogar schon gelandet sind. Aber wann genau und wie sind sie dahingeflogen?«

»Ach, Sonja, das ist eine sehr spannende Geschichte! Die Menschen haben schon immer davon geträumt, ins Weltall zu fliegen. Vor über fünfzig Jahren gab es einen richtigen Wettlauf ins All: zwischen Russen und Amerikanern. Beide haben riesige Raketen gebaut, mussten aber zuerst ein schwieriges Problem lösen, nämlich die Erde überhaupt zu verlassen.«

»Warum war das denn so schwierig, Lunic? Wegen der Anziehungskraft der Erde?«

»Ja, genau: Sie mussten Raketen bauen, die ein Tempo von 40000 Kilometer pro Stunde erreichen! Nur mit einer solch großen Geschwindigkeit ist es möglich, die Anziehungskraft der Erde zu überwinden. Forscher haben daran jahrelang gearbeitet. 1961 ist es den Russen zum ersten Mal gelungen, einen Menschen ins All zu schicken. Er hieß Juri Gagarin und umkreiste die Erde in seiner Kapsel in nur 108 Minuten. Er war der Erste, der die Schwerelosigkeit im Weltraum erlebt hat. Nach seiner Rückkehr wurde er wie ein Held gefeiert!

Im selben Jahr entschlossen sich übrigens die Amerikaner, zum Mond zu fliegen. Sie bauten eine gigantische Rakete, die über hundert Meter hoch war, und führten viele Tests mit ihr durch, bis alles wie am Schnürchen klappte. Sieben Jahre später gelang es ihnen tatsächlich, Astronauten mit einer Kapsel namens Apollo auf dieser Rakete ins All zu schießen, die den Mond zweimal umrundete. Am 20. Juli 1969 war es schließlich so weit: Nach vier Tagen Reise landeten zwei Astronauten von Apollo 11 auf dem Mond!«

»Und wo genau sind sie dort gelandet, Lunic?«
»Im Meer der Ruhe.«
»Also direkt auf dem Bauch des Manns im Mond?«
»Ja, genau dort! Um 3.56 Uhr betrat der Kommandant, Neil Armstrong, als erster Mensch die Oberfläche des Monds. Und dabei sagte er den Satz: ›Dies

ist ein kleiner Schritt für einen Menschen, aber ein großer Sprung für die Menschheit.‹ Millionen von Menschen sahen die Übertragung der Landung im Fernsehen.«

»Ich habe Bilder der Apollo-Astronauten gesehen, Lunic, und da sind auch viele Fußspuren auf dem Mondboden zu sehen. Ob sie auch nach so vielen Jahren noch da sind?«

»Allerdings, auch nach 37 Jahren sind die Fußspuren noch da! Weißt du, warum? Weil es auf dem Mond keine Luft, keinen Wind, keinen Regen, also gar kein Wetter gibt. Sie werden weder weggeweht noch weggewaschen.«

»Oh Lunic, der Mond ist so faszinierend! Ich würde gern einmal hinfliegen. Dann könnte ich sehr hoch springen und würde mich ganz leicht fühlen. Ich weiß nämlich, dass die Anziehungskraft auf dem Mond nur ein Sechstel der auf der Erde beträgt. Dort oben würde ich also anstatt dreißig Kilogramm nur fünf wiegen.«

»Ja, Sonja, ganz genau. Und wenn du jemanden kennst, der unbedingt abnehmen will, so wäre es das Einfachste, ihn auf den Mond zu schicken! Er würde dort wirklich viel weniger wiegen. Leider sähe er aber genauso dick aus wie hier auf der Erde!« ‹‹

NASA

Neil Armstrong (oben) war der erste Mensch auf dem Mond, Juri Gagarin (unten) der erste im Weltall.

NASA

Frühstück auf dem Mond (zum Ausprobieren)

Um das Gewicht auf der Erde und auf dem Mond zu vergleichen, nimmst du zwei gleiche Müslipackungen. Von einer schüttest du den Inhalt auf eine Plastiktischdecke und verteilst ihn auf sechs gleich große Häufchen. Dann füllst du die Tüte mit nur einem Häufchen. Damit hast du ein Sechstel des Inhalts drin.

Kleb die Müslitüte wieder zu, sodass sie wie neu aussieht. Nun mach die Augen zu: Nimm die volle Packung und stell dir ein Frühstück bei dir zu Hause vor. Dann nimm die andere Tüte: Jetzt frühstückst du auf dem Mond!

AH, EMDE-GRAFIK

Philip S. Harrington
Sonnen- und Mondfinsternisse beobachten
Aus dem Amerikanischen übersetzt
von Michael Basler

Spektrum Akademischer Verlag
Heidelberg, Berlin 2002
258 Seiten mit 150 Abbildungen
ISBN 3-8274-1329-X
24,50 €

Wolfgang Held
Sonnen- und Mondfinsternisse
und die wichtigsten astronomischen
Konstellationen bis 2017

Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart 2005
184 Seiten mit zahlreichen farbigen Abbildungen
und Karten
ISBN 3-7725-2231-9
24,50 €

Harald Lutz
Mondfinsternisse, Sonnenfinsternisse,
Planetendurchgänge bis zum Jahr 2020

BLV Verlagsgesellschaft mbH
München 2005
128 Seiten mit 59 Farbfotos, 67 Grafiken
und 52 Karten
ISBN 3-405-16854-6
12,95 €

Bücher zur SoFi-Jagd

Wer regelmäßig Sonnenfinsternissen quer über den Globus hinterherjagt, der kommt an geeigneten Reiseführern für diese exotischen und faszinierenden Himmelsereignisse nicht vorbei.

In Philip Harringtons Buch »**Sonnen- und Mondfinsternisse beobachten**« ist der Titel Programm: Fast die Hälfte des Bands nehmen zahlreiche Tipps für die erfolgreiche Sonnenfinsternisbeobachtung ein.

Angereichert mit Schilderungen eigener Erlebnisse sind die vermeintlich trockenen Themen leicht lesbar und gut verständlich geschrieben, auch wenn ab und an die eine oder andere Formel darin auftaucht. Im zweiten Teil beschreibt Harrington die einzelnen Finsternisse bis zum Jahr 2017.

Neben einer allgemeinen Darstellung gibt er für jede Eklipse die Koordinaten der Zentrallinie, lokale Kontaktzeiten für ausgewählte Orte sowie deren Klimadaten an. Für ringförmige oder totale Sonnenfinsternisse wird zusätzlich in einfachen Karten der Verlauf dargestellt. Leider fehlen jedoch grafische Darstellungen der Gebiete, in denen die Finsternisse partiell zu sehen sind.

Der ausgezeichnete Band, der im Jahr 2002 bei Spektrum Akademischer Verlag erschien, lässt kaum eine Frage offen. Doch sollte er im Fall einer neuen Auflage unbedingt aktualisiert werden. Die amerikanische Ausgabe stammt aus dem Jahr 1997. Das ist vor allem im Kapitel Finsternisfotografie deutlich zu merken, da das Thema Digitalkameras hier nur kurz gestreift wird. In Zeiten, in denen immer mehr Hersteller die Filmproduktion für den Massenmarkt einstellen, sollte dieses Kapitel unbedingt den neuesten Stand wiedergeben. Auch findet sich in der Liste astronomischer Reiseveranstalter im Anhang kein einziger deutschsprachiger Anbieter.

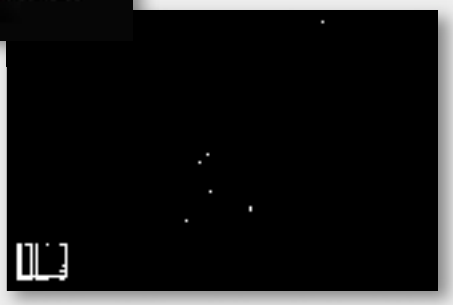
In Wolfgang Helds Buch »**Sonnen- und Mondfinsternisse**« werden sehr ausführlich alle ringförmigen und totalen Sonnenfinsternisse sowie alle totalen Mondfinsternisse zwischen 2005 und 2017 beschrieben, partielle Finsternisse dagegen komplett ignoriert.

Dafür glänzt der Band mit exzellenten Karten der Zentralzonen. Da auf ihnen auch Höhenunterschiede zu erkennen sind, eignen sie sich hervorragend dafür, Beobachtungsplätze auszuwählen. Abgerundet wird jede Beschreibung einer Eklipse durch Tabellen lokaler Kontaktzeiten, Erläuterung der klimatischen Verhältnisse, Darstellungen der gesamten Finsterniszone sowie des Himmelsanblicks während der Totalität. Allerdings fehlen hier Beobachtungstipps vollständig. Dafür beschreibt der Autor zusätzlich besonders auffällige Planetenkonstellationen im gewählten Zeitraum.

»**Mondfinsternisse, Sonnenfinsternisse, Planetendurchgänge bis zum Jahr 2020**« von Harald Lutz wendet sich gezielt an den Urlauber, der seine Reise eigentlich nicht nach einer Finsternis ausrichten will. Deshalb die Angaben fast nur für Mitteleuropa geliefert, sofern die Finsternis dort zu sehen ist. Einfache Karten zur Darstellung der Finsterniszonen runden das Werk ab. Auch finden sich darin einige Beobachtungstipps.

Fazit: Harringtons Buch ist am umfassendsten, doch die ausgezeichneten Karten in Helds Band sind einzigartig. Wer seine Beobachtungsreise optimal planen will, braucht eigentlich beide. Wer aber der Finsternissucht nicht vollständig verfallen ist, für den ist auch das Bändchen von Harald Lutz durchaus nützlich.

>> Hans Zekl



Michael Feiler, Philip Noack
Deep Sky Reiseatlas
Sternhaufen, Nebel und Galaxien schnell und sicher finden

Oculum-Verlag, Erlangen 2004
80 Seiten, 38 Karten, Spiralbindung
ISBN 3-938469-05-6
24,90 €

Himmelsscout

Als Ergänzung zu dem bei vielen Himmelsbeobachtern sehr beliebten »Deep Sky Reiseführer« ist jetzt im Oculum-Verlag in Erlangen der hierzu passende »Deep Sky Reiseatlas« erschienen. Seine Karten zeigen die Positionen aller 666 Himmelsobjekte, die schon im »Reiseführer« ausführlich beschrieben sind.

Neben der Vorbereitung zur allabendlichen Beobachtungssession ist der Atlas in seiner Ausstattung primär für den Feldeinsatz am Teleskop ausgelegt: Die praktische Spiralbindung verhindert ein ungewolltes Zuklappen des Buchs und erleichtert so dessen Handhabung. Die Wasser abweisende Oberfläche der Seiten verlängert die Lebensdauer des Kartenwerks erheblich, nächtlicher Tau kann dem Kartenmaterial also nichts anhaben.

Den Schwerpunkt des Atlas bildet der kombinierte Tabellen- und Kartenteil. Die in den Karten abgebildeten Deep-Sky-Objekte sind dabei in einer tabellarischen Übersicht aufgeführt. Diese gibt Auskunft über deren wichtigste physikalische Daten wie zum Beispiel Ausdehnung, Helligkeit und Entfernung sowie eine stichwortartige Beschreibung des Anblicks im Fernrohr.

Die Karten erfassen ein Himmelsfeld von ungefähr 35 mal 49 Grad mit einem Maßstab von etwa zwei Grad pro Zentimeter und enthalten alle Sterne bis 7,5ter Größenklasse. Die eingezeichneten Figuren der Sternbilder helfen bei der Orientierung am Himmel. In den Karten sind großflächige Objekte wie Nebel und Galaxien zudem mit ihren Umrisslinien eingetragen.

Als besonders nützlich erweist sich der Reiseatlas für die Besitzer eines Telrad-Suchers. Die Objekte sind nämlich zusätzlich dezent mit den drei Ringen dieses Suchertyps überlagert. Das erleichtert das Auffinden ungemein.

Der »Deep Sky Reiseatlas« ist eine tolle Hilfe für Sternfreunde, die mit einem Fernglas oder einem kleinen Teleskop ausgestattet sind. Für die Beobachtung von lichtschwachen Himmelsobjekten sind Auflösung und Grenzgröße der Karten jedoch zu gering. Trotzdem bürgt die Vielzahl der aufgeführten Ziele dafür, dass der ambitionierte Sternfreund lange Freude an dem Werk haben wird.

>> Stefan Ueberschaer

Alle rezensierten Bücher, CD-Roms und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

128 MB USB 1.1 Stick Silver mit Verlängerungskabel und Trageband (ab Win 98)

Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Himmelsset für den Hobbyastronomen mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12 000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können mit Hilfe des Beihefters, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo

Freitag, 17. März

TimeSlot-Magazine
Eines der Themen: Der US-amerikanische Weltraumingenieur Preston Carter will ein Flugzeug konstruieren, das mit zehnfacher Schallgeschwindigkeit fliegt
Discovery Channel, 9.15 Uhr

Montag, 20. März

WissensZeit: Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik (5/8)
Albert Einstein – $E = mc^2$
rbb, 13.00 Uhr

Der Klimaschock und seine Folgen (1/5): Die letzten Tage von Tuvalu
Die Folgen der klimatischen Veränderung machen sich in einigen Regionen der Welt schon heute bemerkbar. Der erste Teil der Dokumentationsreihe zeigt, was in Tuvalu, einer kleinen Inselgruppe im Südpazifik, das Schmelzen der Pole und der daraus resultierende Anstieg des Meeresspiegels bewirkt
arte, 19.00 Uhr

Dienstag, 21. März

U. ARIZONA, LPL

Wettlauf zum Mond (3/4): Der erste Mensch im All
Seit Ende der 1950er Jahre suchten die Weltraumexperten der Supermächte nach Männern, die sie ins All schicken konnten. Zunächst scheiterte der Versuch von Koroljow: Die Testraketen auf dem Startgelände in Kasachstan explodierten immer wieder. Auch danach gab es zahlreiche Rückschläge. Der Erfolg kam erst 1961, als Gagarin als erster Mensch in einer Raumkapsel die Erde umrundete.

Wenige Wochen später gelang es Wernher von Braun für die USA, Alan Shepard in den Himmel zu schicken. Die Erde umkreiste er dabei allerdings nicht – eine weitere Niederlage im »Wettlauf zum Mond«. Dann aber verkündete Präsident Kennedy 1961 das ehrgeizigste Projekt des 20. Jahrhunderts: Noch bevor das Jahrzehnt zu Ende ging, sollte ein Amerikaner auf dem Mond landen
NDR, 22.15 Uhr

Mittwoch, 22. März

LexiTV – Wissen für alle Thema: Urknall
Die Urknalltheorie ist bis heute nicht unumstritten. Sogar der Begriff Urknall wurde erstmals von einem Kritiker geprägt: Der britische Astronom Fred Hoyle schrieb in seinen Veröffentlichungen verächtlich vom »Big Bang«
MDR, 14.30 Uhr

BBC Exklusiv: Das Wunder des Lichts – Die Formel des Lichts
Schon in der Steinzeit hielten die Menschen das Licht für etwas Heiliges und gaben ihm einen wichtigen Platz in ihren Religionen. Was aber ist das Licht? Als Albert Einstein 1905 seine Quantenhypothese aufstellte und die Allgemeine Relativitätstheorie entwickelte, stellte er auch unser Verhältnis zum Licht auf den Kopf: Es sollte teilchen- und wellenförmig zugleich sein
XXP, 16.25 Uhr

Asteroiden – Bedrohung aus dem All
Der Asteroid 2002 MN, der am 17. Juni 2002 entdeckt wurde, hat einen Durchmesser von etwa siebzig Metern. Mit einer Geschwindigkeit von über zehn Kilometern pro Sekunde schoss er damals an der Erde vorbei – ein Leichtgewicht zwar, doch hätte er bei einem Aufprall auf der Erde erheblichen Schaden anrichten können
3sat, 16.30 Uhr

Durchblick: Das Weltall
Schon in der Antike suchte der Mensch, das Universum zu begreifen. In den vergangenen 2000 Jahren blieb das Wissen jedoch darauf beschränkt, was sich aus den Beobachtungen des Himmels ableiten ließ. Erst seit ein paar Jahrzehnten ermöglicht die Raumfahrttechnologie völlig neue Einblicke in den Kosmos
XXP, 18:15 Uhr

Freitag, 24. März

Durchblick: Raumfahrt
Als die Fluggesellschaft PanAm im Jahr 1968 Reservierungen für private Mondflüge anbot, buchten sage und schreibe 93 000 Menschen einen Platz – obwohl sie weder Preis noch Beginn der Reise kannten.

Das Interesse am Mond hat seither zwar nachgelassen, aber die Begeisterung für die Eroberung des Weltalls scheint ungebrochen zu sein. Meinungsumfragen ergaben beispielsweise, dass eine Mehrheit zur Internationalen Raumstation fliegen würde, wenn die Kosten nicht astronomisch hoch wären
XXP, 18.15 Uhr

Dienstag, 28. März

Quarks & Co: »Zwischen Science und Fiction«
In seinem 1895 veröffentlichten Roman »Die Zeitmaschine« lässt H. G. Wells seinen Zeitreisenden sagen: »Es ist klar, dass jeder tatsächlich vorhandene Körper sich in vier Dimensionen ausdehnen muss: in Länge, Breite, Höhe – und in der Dauer.«

Beamen, Zeitreisen oder auf fernen Planeten wohnen – nichts weiter als Sciencefiction? Nicht nur: Zehn Jahre später erhebt Albert Einstein in seiner Speziellen Relativitätstheorie die Zeit zur vierten Dimension. Erst in den letzten zehn Jahren beschäftigen sich Wissenschaftler – zumindest in der Theorie – mit der so genannten chronometrischen Transformation
WDR, 21.00 Uhr

Wettlauf zum Mond (4/4)
Die Apollo-Mission
NDR, 22.15 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

Mittwoch, 29. März

3SAT

Die schwarze Sonne: Die Jahrhundertfinsternis. Forschung, Geschichten, Legenden

»Es war der Moment, da Gott sprach und die Menschen zu schweigen hatten«, schrieb Adalbert Stifter nach der Beobachtung einer totalen Sonnenfinsternis. Von Deutschland aus wird man ein solches Ereignis erst 2081 wieder erleben können. Aber bereits am 29. März 2006 wird sich in Antalya in der Türkei die Sonne verdunkeln

3sat, 21.00 Uhr

Sonntag, 2. April

Der tiefe Blick ins All

Das Radioteleskop Apex

ZFD Doku, 5.00, 13.00 und 21.00 Uhr

Montag, 3. April

Der Venus-Express

Mit der Raumsonde unterwegs zu unserem Nachbarplaneten

ZDF Doku, 5.00, 13.00 und 21.00 Uhr
Whg. 4.4 um 5.00 Uhr

Mittwoch, 5. April

Joachim Bublath

Überraschung im Universum

ZDF, 22.15 Uhr
Wdh. am 6.4. um 1.40 Uhr

Mittwoch, 12. April

Blick in die Sterne

3sat, 16.30 Uhr

EVENTS

8.4.–17.4.: 28. Astronomisches Abenteuer-Camp (AAC) der MAO für 16- bis 24-Jährige, Mühle Wissel am Niederrhein. Information & Anmeldung: Volker Heesen, Kreuzstraße 5, D-44787 Bochum, Tel.: 0234 6870243, mobil: 0163 8045836, Internet: www.sternwarte-moers.de/AAC/aac.html

21.–23.4.: 4. AFT – Aschberg Frühjahrs-Teleskoptreffen. Ort: Aschberg bei Ascheffel, Schleswig-Holstein. Info: Armin Quante, Wiesenredder 5, D-24340 Eckernförde Tel.: 04351 475830
E-Mail: aft2006@aft-info.de
Internet: www.aft-info.de

22.4.: 4. Praktischer astronomischer Samstag – PaS. Der Astronomische Verein der Grafschaft Bentheim e.V. und NightSky e.V. laden wieder ins westliche Niedersachsen nach Neuenhaus ein. Bereits zum vierten Mal findet der Praktische astronomische Samstag – PaS in der Sternwarte Neuenhaus statt.

Auch für die diesjährige Veranstaltung konnte eine Vielzahl Amateurastronomen als Referenten gewonnen werden. Interessante und abwechslungsreiche Vorträge, Workshops und der Erfahrungsaustausch versprechen rege Diskussionen und viel Spaß.

Beginn: 13.30 Uhr (Einlass ab 13.00 Uhr). Ende: gegen 22.00 Uhr. Eintritt: 5 Euro (inklusive Kaffee, Tee, Kuchen und Schnittchen).

Kontakte: Astronomischer Verein der Grafschaft Bentheim e.V. und NightSky e.V., Jahnstraße 3, D-49828 Neuenhaus oder Christoph Lohuis,
Tel.: 05941 990904
Fax: 05941 920764
E-Mail: Lohuis@t-online.de

29.4.: 31. Frühjahrstagung der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VDS) in Würzburg, ab 9.00 Uhr im Hörsaal des Physiologischen Instituts der Universität, Röntgenring 9, 97070 Würzburg. Anfragen hierzu an Dr. Frank Fleischmann. Internet: http://sfeu.ebermannstadt.de/ft31/

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die Mai-Ausgabe schicken Sie bis zum 15. März 2006 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

Neues Flat Field Fernglas mit Militärspezifikationen

HD 7x50

Die neuen APM High Tech Flat Field Ferngläser sind nach strengster Militär-Qualitätsnorm gefertigt.
Sie erhaltet eine perfekte Verarbeitung mit neuester weltklasse SMC Vergütung.
HD steht für High Definition.
Die Gläser nutzen teilweise moderne ED Glas Elemente zur optimalen Gesamtkorrektur.

Gewicht: 1,6 kg
Augenabstand: 23mm
Gesichtsfeld: 7,4°
Okulargesichtsfeld: 52°
Prismen: BAK 4 Prismen
Scharfeinstellung erfolgt durch Einzelokularverstellung

€ 279

William Optics
Megrez Fluorite Doublet APO

- Kein Farbfehler durch die voll mehrvergütete Fluorid Optik
- Helles und kontrastreiches Bild durch präzise geschliffene Linsen
- Perfekte Scharfstellung durch den kugelgelagerten Okularauszug
- Volle Ausleuchtung des Bildes durch großen Auszug
- Micro Untersetzung damit wird ein perfektes Scharfstellen möglich
- 360° Rotation für die korrekte Positionierung des Okulars oder Kamera
- ein Aufkoffer ist im Lieferumfang enthalten

€ 995

Der kompakte und relativ leichte Fluorid Refraktor überzeugt durch eine ausgezeichnete Optik. Auch anspruchsvolle Naturbeobachter, Hobbyfotografen und auch Hobbyastronomen werden mit dem ZS FL 80 erstklassige Resultate erreichen.

APM Telescopes
Giebenath 35
66117 Saarbrücken
Tel.: 0681-9541161
Fax: 0681-9541169
www.apm-telescopes.de
anfrage@apm-telescopes.de

Fachhandel für opt. Geräte und Astro-Teleskope
OPTIC MAKARIO
Optische u. feinmechanische Fachwerkstatt
41061 Mönchengladbach Aachener Str. 81
Tel. 02161/176711 www.optic-makario.de
Geprüfte, präzise kollimierte Teleskope
Wir reparieren:
Teleskope, Photo-Objektive, Ferngläser, Mikroskope
Umbau CANON EOS 300D, 350D, 20D u. 5D
und NIKON D50, D70, D100 u. D1
für den Einsatz in der IR-, Nacht-, und Astrofotografie
Langjähriger Canon Servicetechniker

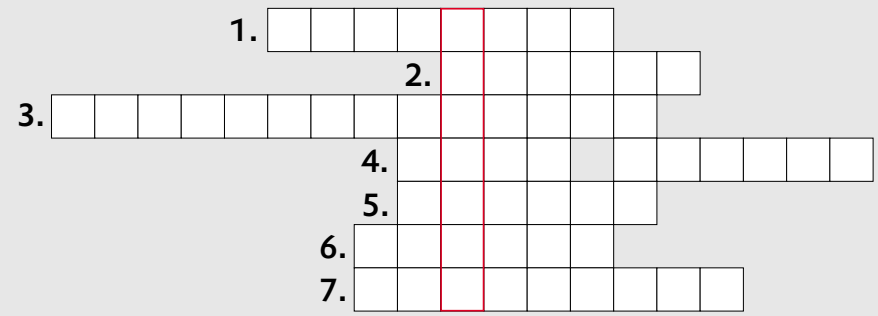
Besuchen Sie die Astro-Messe
AME 2006: www.astro-messe.de

SATTLEGGERs ALPENHOF
EMBERGER ALM
Wo sonst? ASTROURLAUB in allergenarmer* Umgebung!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz und ein perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
*) nähere Infos: www.allergialpin.at
ITT (internat. Teleskoptreffen): 30.9. - 2.10.2006 Buchen Sie rechtzeitig!

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie einen Sechszöller mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 2

1. Gas, das mit dem Haber-Bosch-Verfahren industriell hergestellt wird
2. Region auf der Erde, deren Namen aus dem griechischen Wort für »Bär« abgeleitet ist
3. Mit ihr wurden die meisten Exoplaneten gefunden
4. Sinngemäß »Das Tal des Mars«
5. Französischer Baumeister, konstruierte die Kuppel einer Sternwarte an der Côte d'Azur
6. Fernrohrbestandteil, sitzt bei Linsenteleskopen am Ende des Tubus
7. Amerikaner, betrat als erster Mensch den Mond



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 4/2006, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 7. 4. 2006. Teil 2 einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»LXD55«) in der Juni-Ausgabe benötigt. Unter den jetzigen Einsendern werden weitere Sachpreise gezogen, siehe unten. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner dieses Teilrätsels stehen in der Juni-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 18. Mai 2006.

Hauptpreis des Superrätsels: »LXD55« Sechs-Zoll-Reflektor von Meade, www.meade.de. Katadioptrisches Spiegelteleskop der Bauart Schmidt-Newton. Optik UHTC-vergütet. Brennweitenverhältnis f/5. Inklusive Go-to-Computermontierung und Stativ. Gesamtwert zirka 1150 €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben März, April, Mai und Juni 2006

1. Preis: »Die Geschichte der Nasa« von Michael H. Gorn. Dieser reich illustrierte Band erzählt die wechselvolle Geschichte der zivilen amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde. 304 Seiten mit 500 Abbildungen. 29 Zentimeter, Knesebeck Verlag (www.knesebeck-verlag.de), Hamburg 2005. Wert: 39,95 €

2. Preis: »Outer Space« von Hermann-Michael Hahn. Dieser fantastische Bildatlas enthält spektakuläre Ansichten unseres Sonnensystems, darunter auch aktuelle Aufnahmen von Spirit, Opportunity, Mars Express und Cassini/Huygens. 217 Seiten, 28,5 Zentimeter hoch, Kosmos Verlag (www.kosmos.de). Wert: 34,90 €

3. Preis: »Saturn / Cassini« Der Briefbeschwerer für den Astronomenschreibtisch; Planet und Sonde als Lasergravur in einem Plexiglasblock, 80 × 50 × 50 Millimeter; blaue Geschenkbox aus Holz , Science Shop (www.science-shop.de). Wert: 32,– €

Celestron NexStar 8 Verkaufe Celestron NexStar 8 mit reichhaltigem Zubehör (Okkularkoffer, Stativ, etc). VHB 2000,–€, E-Mail: andreas.uhlig@vodafone.de oder 0174 1944624

Gegengewichtsstange für G11-Montierung. Preis: 45,–€ zzgl. 5,90 € Versand innerhalb Deutschlands. E-Mail: hyakutake@freenet.de

Star Observer 3/94, 5/96, 4-6/97, 1/98-9/05 komplett, Sonderheft 1-10, für 100,–€ zzgl. Porto zu verkaufen. E-Mail: SheaTan@aol.com, Tel.: 06034 939182

Discovery Dobson 12,5-Zoll-PDHQ, handselektierte Spitzenoptik, teilbarer Tubus, Feathertouch OAZ (!), 5 Lüfter, gute Balance und Nachführbarkeit. Ein Jahr alt. Gut transportabel in VW Golf o. ä.; Raum Stuttgart. VHB: 1985,–€; NP ges. ca. 3000,–€. Tel.: 07146 288010, E-Mail: rolf.geissinger@gmx.de

»Great Polaris« Vixen R II 4M GP-DX Equatorial Mount Telescope; Öffnung 114, Brennweite 900 Millimeter; neuwertig. Tel.: 07042 32064

Sind Sie auf folgenden Messen?

HANNOVER MESSE — Messe Hannover — *24.–28.04.06 Halle 02, A51*

Analytica 2006 — Neue Messe München — *25.–28.04.06 Halle A1, 507*

22. ATT-Astronomiebörse Essen, 13.05.06

Dann schauen Sie doch einfach einmal beim Spektrum-Stand vorbei. Wie immer halten wir für unsere Abonnenten eine kleine Überraschung bereit.

Großer Astro-Bücher-Markt!
Jetzt über 100 Artikel **ab EUR 1,00**!
Neu: **Gesamtkatalog 2006!** Alles über Astronomie und Raumfahrt!
Gratisunterlagen anfordern! Weltraum-Versand Stefan Böhle, Connollystr. 29/2, 80809 München, Tel. 0162/5910355, www.weltraum-versand.de kontakt@weltraum-versand.de

Spektrum DER WISSENSCHAFT

Armbanduhr »Galaxis«

Exklusiv für unsere Leser und in limitierter Auflage, bieten wir diese Herrenarmbanduhr mit Quarzlaufwerk von Fortis an. Eine Bestellmöglichkeit finden Sie auf dem Beihefter oder mit weiteren Informationen unter

www.spektrum.de/lesershop

Auflösung des Preisrätsels im Januar/Februar-Heft:

LÖSUNGSWORT: DA VINCI
Leonardo da Vinci skizzierte erstmals den kompletten Mond

				H	Y	A	D	E	N	
			P	A	M	P	A			
		A	T	L	A	S		V		
				B	E	T	E	I	G	E	U	Z	E
	P	R	O	T	U	B	E	R	A	N	Z	E	N	
						R	I	C	C	I	O	L	I	
S	T	R	I	N	G	T	H	E	O	R	I	E		

Gewinner des Preisrätsels: 1. Margret Gruber, Lampertheim (DVD »E = mc^2«); 2. Dr. Holger Kutz, Mannheim (Buch »Weltbild der Astronomie«); 3. Heiner Stein, Wettenberg (Buch & CD »Kosmos Himmelsjahr«); 4. & 5. Arno Hoffmann-van Ackeren, Hameln; Norbert Windisch, Lieboch, Österreich (»Skyscout« Himmelsführer)

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	**privat**	**gewerblich**
bis zu drei Zeilen	22,–€	32,–€
jede weitere Zeile	5,–€	5,50€

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,–€. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Kontakt!

Seit Jahrzehnten lauschen Forscher mit großen Radioteleskopen nach Funksprüchen Außerirdischer. Was werden sie tun, wenn sie einmal ein Signal aufgefangen?

CSIRO / ATNF

JIM BURNELL

Kugelrunde Haufen

Wir stellen Ihnen die schönsten Kugelsternhaufen unseres Nachthimmel vor

Teleskoptypen Teil II

Reflektoren bieten einen sehr preisgünstigen Einstieg in das Hobby Astronomie. Lesen Sie bei uns, was Sie beim Kauf beachten müssen

MEADE

POLYBAND

Exklusiv mit DVD-Vorschau:

Die ersten fünfzehn Minuten von »Mission Alien Planet – Leben auf Darwin IV«. Produziert vom Discovery Channel

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Carolin Konermann, Dr. Monika Maintz, Stefan Seip, Michael Vogel
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751
Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: Sky Publishing Corporation, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; President/Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D. ; Marketing Director: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.